

**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**  
**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RESUME THEORIQUE**  
**&**  
**GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:10      PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE**  
**(E.C.S)**

**SECTEUR : FROID ET GENIE CLIMATIQUE**

**SPECIALITE : THERMIQUE INDUSTRIELLE**

**NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE**

**NOVEMBRE 2004**



**ISTA.ma**  
**Un portail au service**  
**de la formation professionnelle**

### **Le Portail <http://www.ista.ma>**

Que vous soyez étudiants, stagiaires, professionnels de terrain, formateurs, ou que vous soyez tout simplement intéressé(e) par les questions relatives aux formations professionnelles, aux métiers, <http://www.ista.ma> vous propose un contenu mis à jour en permanence et richement illustré avec un suivi quotidien de l'actualité, et une variété de ressources documentaires, de supports de formation, et de documents en ligne ( supports de cours, mémoires, exposés, rapports de stage ... ) .

Le site propose aussi une multitude de conseils et des renseignements très utiles sur tout ce qui concerne la recherche d'un emploi ou d'un stage : offres d'emploi, offres de stage, comment rédiger sa lettre de motivation, comment faire son CV, comment se préparer à l'entretien d'embauche, etc.

Les forums <http://forum.ista.ma> sont mis à votre disposition, pour faire part de vos expériences, réagir à l'actualité, poser des questionnements, susciter des réponses. N'hésitez pas à interagir avec tout ceci et à apporter votre pierre à l'édifice.

### **Notre Concept**

Le portail <http://www.ista.ma> est basé sur un concept de gratuité intégrale du contenu & un modèle collaboratif qui favorise la culture d'échange et le sens du partage entre les membres de la communauté ista.

### **Notre Mission**

Diffusion du savoir & capitalisation des expériences.

### **Notre Devise**

Partageons notre savoir

### **Notre Ambition**

Devenir la plate-forme leader dans le domaine de la Formation Professionnelle.

### **Notre Défi**

Convaincre de plus en plus de personnes pour rejoindre notre communauté et accepter de partager leur savoir avec les autres membres.

### **Web Project Manager**

- Badr FERRASSI : <http://www.ferrassi.com>

- contactez : [admin@ista.ma](mailto:admin@ista.ma)

## **REMERCIEMENT**

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce module ( Production d'eau chaude sanitaire ).

### **Pour la supervision :**

- **M . GHRAIRI RACHID** : Directeur du CDC Génie Electrique et Froid et Génie Thermique
- **M. BOUJNANE MOHAMED** : Chef de pôle Froid et Génie Thermique
- **Pour l'élaboration :**
  - **EL KHATTABI M'hamed** : **FORMATEUR ANIMATEUR CDC/GFT**

### **Pour la validation :**

- **Mr. Ahmed MAHBOUB** : **Formateur à l'ISGTF**
- **Mr . Hassan AKKAOUI** : **Formateur à l'ISGTF**
- **Mr. Ahmed SOF** : **Formateur à l'ITA INARA**

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

**MR. SAID SLAOUI**  
**DRIF**

## **SOMMAIRE**

	<b>Page</b>
<b>Présentation du module</b>	<b>6</b>
<b>Résumé de théorie</b>	
<b>I. Technologie des différents appareils de production d'eau chaude sanitaire</b>	
I.1. La production d'E.C.S instantanée	
I.2. La production d'E. C.S par accumulation	
<b>II. Pose et raccordement des différents chauffe-eau</b>	
II.1. Choix convenable de l'emplacement	
II.2. Raccordement adéquat de l'appareil à la tuyauterie d'arrivée d'E.F.S	
II.3. Raccordement adéquat de l'appareil à la tuyauterie d'arrivée d'E.C.S	
II.4. Branchement correct de l'appareil à la source d'énergie utilisée	
<b>III. Mise en service des chauffe eau</b>	
III.1. Mise en service correct des chauffe- eau à gaz	
III.2. Mise en service correct des chauffe- eau à électrique	
III.3. Mise en service correct des chauffe- eau solaire	
<b>IV. Réparation des chauffe- eau</b>	
IV.1. Chauffe- eau à gaz	
IV.2. Chauffe- eau électrique	
IV.3. Chauffe eau solaire	
<b>V. Différents types d'échangeurs de chaleur</b>	
V.1. Le circuit fermé chaudière échangeur	
V.2. Les échangeurs accumulateurs	
V.3. Les échangeurs à plaques dits instantanés	
<b>Guide de travaux pratiques</b>	
I. TP1 Traçage et fixation au mur d'un chauffe- eau	
II. TP2 Pose et fixation d'un chauffe- eau à gaz	
III. TP3 Pose et raccordement d'un chauffe-eau solaire	
<b>Evaluation de fin de module</b>	
<b>Liste bibliographique</b>	

**Durée : 120 H**

**40...% : théorique**

**60...% : pratique**

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**COMPORTEMENT ATTENDU**

*Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **maîtriser la pose, le raccordement, et la réparation de tous les appareils de production d'E.C.S,** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent*

**CONDITIONS D'EVALUATION**

- *A partir des consignes données par le formateur*
- *A l'aide de la documentation technique donnée par le formateur*
- *A partir de mises en situation*

**CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE**

- *Exécution de l'installation et l'entretien de chauffe- eau à gaz*
- *Exécution de l'installation et l'entretien de chauffe- eau électrique*
- *Exécution de l'installation et l'entretien de chauffe- eau solaire*
- *Réalisation et étude de montage de groupe chaudière et échangeur*

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**PRECISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE  
PERFORMANCE**

A. Connaître la technologie des différents appareils de production d'eau chaude sanitaire

Justesse de la technologie de :

- La production d'eau C.S instantané
- La production d'eau C.S par accumulation

B. Poser et raccorder les différents chauffe eau

- Choix convenable de l'emplacement
- Raccordement adéquat de l'appareil à la tuyauterie d'arrivée d'E.F.S
- Raccordement adéquat de l'appareil à la tuyauterie d'arrivée d'E.C.S
- Branchement correct de l'appareil à la source d'énergie utilisée

C. Mettre en service des chauffe eau

- Mise en service correcte des chauffe eau à gaz
- Mise en service correcte des chauffe eau électriques
- Mise en service correcte des chauffe eau solaires

D. Réparer les chauffe eau

Maîtrise convenable des :

- Chauffes eau à gaz
- Chauffes eau électriques
- Chauffes eau solaires

E. Connaître les différents types des échangeurs de chaleur

Connaissance exacte des éléments :

- Le circuit fermé chaudière échangeur
- Les échangeurs accumulateurs
- Les échangeurs à plaques dits instantanés

## OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR-PERCEVOIR OU SAVOIR-ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

**Avant d'apprendre à connaître la technologie des différents types d'appareils de production d'E.C.S (A), le stagiaire doit :**

1. Connaître le domaine d'utilisation d'E.C.S

**Avant d'apprendre à poser et raccorder les différents chauffe eau (B), le stagiaire doit :**

2. Connaître l'endroit correct pour l'installation d'un chauffe eau à gaz
3. Connaître l'endroit correct pour l'installation d'un chauffe eau électrique
4. Connaître l'endroit correct pour l'installation d'un chauffe eau solaire
5. Connaître la hauteur de fixation normalisée pour chaque sorte de chauffe eau
6. Respecter les règles de sécurité de l'installation

**Avant d'apprendre à mettre en service les chauffe eau (C), le stagiaire doit :**

7. Déterminer les différentes parties de chaque appareil et leurs fonctions
8. Connaître le principe de fonctionnement de chaque type de chauffe eau
9. Connaître les règles de sécurité de mise en service de l'appareil

**Avant d'apprendre à réparer les chauffe eau (D), le stagiaire doit :**

10. Savoir-faire le diagnostic pour réparer la panne
11. Connaître le montage et le démontage des organes de chaque appareil

**Avant d'apprendre à connaître les différents types des échangeurs de chaleur (E), le stagiaire doit :**

12. Connaître le phénomène d'échange de chaleur
13. Connaître les accessoires formant un échangeur
14. Faire la différence entre un circuit d'eau fermé et un circuit d'eau ouvert
15. Savoir des notions sur les accélérateurs d'eau

## **PRESENTATION DU MODULE**

*Ce module permettra aux stagiaires la maîtrise de la production d'eau chaude sanitaire et la pose des appareils le produisant.*

*Les stagiaires seront en mesure d'exécuter des tracés, faire des perçages et poser les appareils de production d'eau chaude sanitaire, ainsi que le raccordement aux réseaux d'eau chaude et froide.*

*La durée de ce module sera de 120 heures dont 90 heures seront consacrées aux travaux pratiques et le reste (30 heures) à la théorie.*

*Ce module est adressé au formateur, il lui permet de préparer ses cours pour répondre aux objectifs visés par la formation*

***Module : PRODUCTION D'EAU  
CHAUDE SANITAIRE***

***RESUME THEORIQUE***

## **I-TECHNOLOGIE DES DIFFERENTS APPAREILS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE**

### **1.GENERALITES**

L'eau chaude sanitaire (ECS) est obtenue en chauffant l'eau froide sanitaire (EFS) à une température de 45 à 60° maximum.

L'ECS est un produit soit par des générateurs indépendants soit par des échangeurs chauffés sans communications avec l'eau chaude du chauffage central (ECP). Si la distribution de l'ECS est du ressort de l'installateur en sanitaire, sa production est le plus souvent du ressort de l'installateur en thermique, notamment dans le cas de production centralisée par échangeur .

La production d'ECS se heurte à deux difficultés :

- Intermittence très irrégulière,
- Puissance instantanée très importante, aux moments des puisages .

### **2.INCONVENIENT D'INTERMITTENCE TRES IRREGULIERE**

Pour un logement occupé par un ménage de 3 à 4 personnes la consommation moyenne d'ECS est de 4,5 m<sup>3</sup> /mois ; le débit des puisages d'eau chaude est de 0,25 l/s pour une baignoire, de 0,2 l/s évier, 0,1 l/s pour un lavabo et un bidet. Ainsi pour un débit moyen de puisage de 0,15 l/s qui débiterait en permanence, la consommation serait de 0,15 x 3600 = 0,45 : 0,54 = 8,33 heures.... ,soit 17 mn par jour. ces 17 mn sont réparties de plus très irrégulièrement dans la journée (lavage corporel du matin et du soir, cuisine et semaine.

Cet inconvénient est atténué dans le cas d'une distribution collective dans les immeubles d'habitation, mais demeure importante. Exemple de débit d'ECS pour un grand immeuble d'habitation.

### **3.INCONVENIENT D'IMPORTANCE DE LA PUISSANCE THERMIQUE INSTANTANEE**

Pour un puisage moyen de 0,15 l/s, la puissance nécessaire est de 54 Ox (45-10) xl kcal = 18900 kcal/H ou 22 kw.

Cette puissance est de 2 à 4 fois plus forte que celle nécessaire au chauffage d'un logement.

### **4.SOLUTIONS**

Ces deux inconvénients s'amplifient et rendent les solutions technologiques de production d'ECS toujours difficiles et ce d'autant que la production concerne un plus petit nombre de logement. La difficulté est maximale pour un logement. Parmi les nombreuses solutions rencontrées, on peut distinguer deux grandes classes de systèmes :

- Production instantanée ( chauffe-bain\_mural au gaz)
- Production à accumulation ( cumulus électrique, électrique, réservoir ECS coupé sur le chauffage central )

## PRODUCTION CENTRALE D'EAU CHAUDE SANITAIRE

*Dans un immeuble d'habitation, à partir de 12 logements, la solution de production centrale est plus avantageuse que la production individuelle (sauf dans le cas de production mixte individuelle par générateur mural au gaz).*

*L'installation centrale comporte un ou deux ballons de stockage alimenté à partir des chaudières de chauffage ou des chaudières spéciales pour la production d'eau chaude sanitaire.*

*Suivant le type des ballons, l'eau sanitaire passe soit dans le réchauffeur, soit à l'extérieur du réchauffeur .*

*L'eau chaude peut aussi se préparer dans les accumulateurs électriques dont le temps de réchauffage est en général de 6 heures.*

*Certains appareils utilisent le gaz comme source de chaleur .*

*Dans les petites installations on peut produire l' eau chaude instantanée grâce à une gamme étendue d'appareils avec chauffage soit au gaz soit à l'électricité.*

*Dans les installations centrales l'eau stockée dans les ballons est maintenue à une certaine température grâce à un dispositif de régulation, souvent thermostatique ce dispositif arrête le chauffage dès que la température a baissé de quelques degrés. Pour limiter les pertes on calorifuge soigneusement les réservoirs accumulateurs.*

*Si la production est faite par une chaudière l'eau de celle-ci circule à travers le réchauffeur disposé à la partie intérieure du ballon; pour que le fonctionnement soit parfait, ce réchauffeur doit être posé assez haut au dessus du centre de gravité de la chaudière. Si la hauteur sous plafond de la chaufferie n'est pas assez grande le ballon cylindrique ne peut être monté qu'horizontalement. L'eau froide à réchauffer pénètre dans le ballon à sa partie inférieure, l'eau chaude en sort à sa partie supérieure.*

*La distribution d'eau chaude dans le bâtiment peut être faite par-dessous. Et c'est la distribution par-dessous que l'on choisit, à moins que le réchauffement de la cave doit être impérativement évité.*

*L'installation comporte des colonnes de retour qui ont pour but d'empêcher un trop grand refroidissement de l'eau du réseau lorsque les intervalles de temps entre le puisage d'eau chaude se prolongent. Cette colonne de réglage de faible diamètre ramène l'eau en ballon et peut se faire, comme dans un chauffage à eau chaude, ou simplement par gravité, **on sait par pompe.***

*La tuyauterie de réglage n'est nécessaire que si de faibles quantités d'eau chaude sont puisées fréquemment.*

*Le collecteur général d'eau de réglage est branché au niveau du tiers supérieur de la hauteur du ballon; afin d'éviter, au moment d'un fort puisage d'eau chaude, un afflux d'eau froide arrivant au robinet du puisage par la colonne de retour dans laquelle le sens de réglage peut s'inverser.*

*On alimente habituellement l'appareil de production d'eau chaude avec de l'eau potable qui ne doit être ni sali ni contaminé par les appareils raccordés.*

## **TRAITEMENT DE L'EAU**

Comme dans tous les systèmes de production d'eau chaude sanitaire à régénération rapide, la qualité de l'eau joue un rôle important sur le comportement de l'échangeur service de longue durée. Il faut prendre des dispositions pour éviter un entartrage rapide des surfaces d'échange. Les ballons s'entartrent moins vite que les serpentins.

On peut aussi employer un appareil antitartre. Il y a aussi le risque de corrosion du ballon causé par les eaux agressives qui attaquent le métal et l'eau chaude qui coule des robinets peut être coloré (eau rouge), soit en permanence, soit au début du puisage. De plus, la corrosion perce les tôles du réservoir .

### **BRANCHEMENT DU BALLON D'EAU CHAUDE SUR LA CONDUITE D'EAU FROIDE**

Le branchement peut être exécuté de deux façons différentes: soit directement, soit par interposition d'un réservoir intermédiaire en charge sur le ballon. Dans le premier cas l'installation est du type fermé c'est à dire que tout le réseau d'eau chaude sanitaire, y compris les ballons, est constamment sous la pression du réseau de distribution d'eau froide. Pour éviter au moment du réchauffage, un excès de pressions inadmissibles on munit le ballon d'une soupape de sûreté. De plus un clapet de non retour doit être installé sur l'arrivée d'eau froide afin d'éviter que la tuyauterie d'eau froide débite de l'eau chaude chez les voisins. Ce clapet de non retour est posé entre deux robinets d'arrêts; le robinet amont est muni d'un robinet de vidange servant à contrôler son étanchéité. Si la pression du réseau d'eau froide est supérieure à celle que peut supporter l'appareil de production d'eau chaude, il faut installer un réducteur de pression.

*Dans le cas où il existe un réservoir intermédiaire, l'installation est du type ouvert c'est-à-dire qu'elle n'est pas sous la pression du réseau de distribution d'eau froide et ne subit pas les*

*variations de pression du réseau d'eau froide est supérieure à celle que peut supporter l' appareil de production d' eau chaude, il faut installer un réducteur de pression.*

*Dans le cas où il existe un réservoir intermédiaire, l'installation est du type ouvert c'est-à-dire qu'elle n'est pas sous la pression du réseau de distribution d'eau froide et ne subit pas les variations de pression qui permet affecter celui-ci, le niveau dans le réservoir intermédiaire, placé généralement dans le premier ou supérieur, est maintenu constant par un robinet à flotteur commandant l'arrivée d'eau froide.*

Ce réservoir peut également être capable d'emmagasiner **quantité** d'eau, en cas de dérangement dans la distribution d'eau froide. Son volume doit être suffisant pour absorber la dilatation de l'eau chaude.

Ce réservoir doit comporter un trop-plein qu'on prolonge jusque dans la chaufferie pour contrôle. Pour empêcher l'eau du réservoir .intermédiaire de revenir dans la conduite d'alimentation en eau potable, il faut une distance minimale de 40mm entre l'arrêt inférieur de l'arrivée d'eau potable et l'arrêt supérieur de trop plein doit se trouver à 40 mm au moins au- dessus du niveau théorique de l'eau. Le réservoir doit être muni d'un couvercle permettant de maintenir propre l'eau.

Les installations du type ouvert sont interdites dans certaine localités à cause du risque de pollution de l'eau : il faut faire un nettoyage périodique.

*Le réservoir intermédiaire et toutes les parties du réseau de distribution d'eau chaude doivent être soigneusement calorifugés.*

### **PRODUCTION D 'EAU CHAUDE COUPLEE AVEC UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE**

*Dans les maisons individuelles la chaudière de chauffage est utilisée également pour la préparation d'eau chaude.*

*Il faut, soit que la chaudière fonctionne par moment indépendamment des besoins de chauffage, avec une température de circulation élevée, pour recharger l'accumulateur d'eau chaude, soit que les circuits de chauffage et de production d'eau chaude soient entièrement séparés. Dans ce dernier cas, la chaudière fonctionne à haute température en permanence, comme pour la chaudière combinée chauffage production d'eau chaude, la température du circuit chauffage étant abaissée à la valeur nécessaire à chaque instant par mélange avec l' eau de retour . Le réglage se trouve simplifié si, au point de mélange, on pose une vanne mélangeuse à plusieurs voies.*

*Les régulateurs des installations de production d'eau chaude doivent empêcher le dépassement d'une certaine limite de température, au-delà de laquelle il se produirait une surchauffe dans le ballon. Pour cette régulation on doit employer des robinets à simple siège fermant **hermétiquement et dont l'organe ..... ?***

## **LES DIFFERENTS SYSTEMES**

### **COMPOSITION DES SYSTEMES**

*Une installation de production d'ECS comprend plusieurs constituants aux fonctions bien définies, dont chacune contribue à satisfaire les besoins des usagers en matière de consommation d'ECS.*

*Les fonctions essentielles d'une installation de production d'ECS sont les suivantes :*

- *la production proprement dite.*
- *La distribution.*
- *La fourniture.*

#### **\* LA PRODUCTION**

*Elle recouvre les équipements permettant le chauffage de l'eau froide à une température au moins égale à celle d'utilisation ; la production peut incorporer facultativement des dispositifs de stockage qui assurent un rôle de tampon permettant de dissocier la production du puisage.*

*Ses éléments constitutifs sont :*

- *la source d'énergie, qui peut être un combustible traditionnel (fuel, gaz, charbon, bois , l'électricité, le fluide caloporteur d'un réseau de chaleur, l'énergie solaire ou une énergie de récupération (condenseur d'un groupe frigorifique par exemple).*
- *Le dispositif de transfert de chaleur, qui peut être directement intégré à l'appareil de production d'ECS (générateurs d'eau chaude, échangeurs directs dans le cas des réseaux, résistances électriques) ou qui peut faire appel à des chaudières traditionnelles ou des échangeurs, réchauffant un fluide intermédiaire, le plus souvent de l'eau chaude à 90°C.*
- *Un système facultatif de stockage de l'eau chaude produite, qui peut être directement constitué par l'ensemble de réchauffage de l'eau ou séparé physiquement de celui-ci.*

#### **\* LA DISTRIBUTION**

*Elle assure le transport de l'eau chaude des lieux de production aux points d'utilisation.*

*Elle est assurée par un réseau en ligne ou en boucle. L'eau transite à travers le circuit jusqu'au point de soutirage ; l'eau chaude puisée est alors remplacée à l'amont du dispositif de production d'ECS par de l'eau froide en provenance du réseau général d'eau de ville.*

*Un réseau de distribution d'ECS constitue ainsi un exemple de réseau ouvert.*

*La complexité du réseau de distribution est très variable et peut aller du raccordement d'un point de puisage unique à un réseau arborescent desservant un ou plusieurs bâtiments.*

*Lorsque la longueur du réseau de distribution devient importante, le maintien d'une température constante aux points de puisage les plus éloignés nécessite la mise en œuvre d'un dispositif de recyclage assurant une circulation permanente de l'eau*

dans les tuyauteries ou celle d'un système de « traçage » électrique maintenant à une valeur constante la température des canalisations de distribution.

### **\* LA FOURNITURE**

Elle regroupe l'ensemble des équipements assurant la mise à disposition de l'ECS aux points de puisage.

Elle représente la partie visible de l'installation pour les utilisateurs. Elle est constituée des appareils sanitaires traditionnels (lavabos, douches, baignoires, bidets, éviers, machines à laver) et en particulier de la robinetterie de ces appareils. En milieu tertiaire ou industriel, la forme de la fourniture de l'ECS peut être plus diversifiée (bain-marie, piscines etc.)

### **\* CLASSIFICATION DES SYSTEMES**

Les critères de classification des systèmes de production d'ECS sont nombreux. On peut citer :

- Le type d'énergie.
- Le type d'échangeur, direct ou indirect.
- La nature instantanée ou à accumulation de la production.
- La nature individuelle ou collective de l'installation.
- La nature double usage (chauffage des locaux et production d'ECS) ou spécifique (production d'ECS seule) de l'installation.

### **\* TYPE D'ENERGIE**

Tout type d'énergie est susceptible d'être utilisé pour produire l'ECS. on peut citer :

- le charbon.
- Le fuel
- Le gaz naturel
- Les gaz de pétrole (GPL)
- Le bois
- L'électricité
- Les énergies récupérées
- L'énergie solaire

Toutes ces énergies, ainsi que les ordures ménagères et l'énergie géothermale, peuvent être transformées en chaleur sensible et éventuellement latente du fluide caloporteur d'un réseau chaleur (à eau chaude ou à vapeur).

Les énergies les plus fréquemment employées sont le fuel et le gaz pour les installations de type double usage ; le gaz et l'électricité pour les installations de type spécifique (production d'ECS uniquement).

La place qu'occupent l'énergie solaire et la récupération d'énergie est particulière du fait que ces sources nécessitent pratiquement toujours une énergie d'appoint.

Particulière aussi est la place des réseaux de chaleur, du fait que leurs canalisations sont loin de desservir toutes les agglomérations.

## \* TYPE D'ECHANGEUR

La production d'ECS est dite directe si le chauffage de l'eau intervient directement au contact des parois d'une surface d'échange parcourue par des produits de combustion ou par le fluide caloporteur primaire (cas des réseaux de chaleur), ou au contact de résistances électriques.

Dans le cas contraire, la production est dite indirecte. L'échange de chaleur intervient alors entre l'ECS et un fluide intermédiaire (eau chaude ou vapeur), qui transfère l'énergie entre le générateur de chaleur (ou l'échangeur primaire) et un échangeur qui alimente le circuit de distribution d'ECS (dit secondaire) .

Un appareil qui contient un faisceau tubulaire, un serpentín ou des résistances électriques réchauffant l'ECS est appelé « préparateur » ou chauffe-eau. Il constitue par construction une capacité de stockage. Une capacité de stockage ne contenant aucun dispositif de réchauffage est dénommée ballon.

### I.1. PRODUCTION INSTANTANEE OU A ACCUMULATION .

Les besoins en ECS sont dans la majorité des cas variables dans de grandes proportions dans le temps.

Ceci conduit à la définition des débits de pointe et de débits moyens journaliers, mensuels ou annuels (Cf. chapitre 1).

Un système de production instantané assure le chauffage de l'eau à l'instant précis où celle-ci doit être consommée, au temps de transit près. Cette technique conduit à la nécessité de disposer d'une puissance de production importante qui n'est utilisée que sur de très courtes périodes.

Par opposition, une installation à accumulation chauffe en permanence l'ECS qu'elle conserve à la disposition des utilisateurs dans un ou plusieurs ballons de stockage (ou préparateurs, ou chauffe-eau).

Le ballon de stockage constitue un tampon permettant de dissocier le rythme de la production des variations brusques de la demande.

Il effectue un écrêtage des pointes de consommation et un lissage des besoins d'énergie au cours de la journée. Il réduit donc le coût de la **puissance** .

En contre-partie de cet avantage, le ballon de stockage présente deux inconvénients :

- son existence même, c'est-à-dire un montant **d'investissement** supplémentaire (coût direct, et coût du volume qu'il occupe).
- Une perte **d'énergie** sous forme de déperditions thermiques par les parois.

### \* PRODUCTION INDIVIDUELLE OU COLLECTIVE

Dans le domaine du logement, une installation de production d'ECS peut être caractérisée par le fait qu'elle intéresse un seul logement ou un groupe de plusieurs logements.

Dans le premier cas, l'installation est dite de type « individuel » et est localisée dans l'emprise même du logement desservi ; son exploitation est directement assurée par l'occupant du logement.

Dans le deuxième cas, l'installation est dite de type « collectif » ; elle est alors centralisée en chaufferie ou en sous-station.

L'installation collective peut desservir tous les logements d'un groupe ou d'une partie d'un groupe d'immeubles (îlot, bâtiment). La responsabilité de son exploitation est alors du ressort de la copropriété ou de la société gérant l'ensemble des logements considérés, qui confie la plupart du temps cette tâche à une société d'exploitation.

La distribution de l'eau chaude aux usagers constitue un service dont la rémunération exige (Cf. chapitre 2.4.1) d'abord la mise en place de systèmes de décompte individualisé d'une part, puis un travail de gestion (relevé des compteurs, répartition des charges, facturation) d'autre part.

En général, une installation collective présente un coût d'installation inférieur à la somme des coûts des installations individuelles qu'elle remplace, elle dure plus longtemps et coûte aussi moins cher en entretien.

Une installation de production collective conduit à des rendements de production souvent supérieurs à ceux obtenus avec des systèmes individuels. Cet avantage est cependant compensé par l'obligation de mise en œuvre d'un réseau de distribution avec boucle de recyclage ou traçage dont le rendement moyen annuel dépend évidemment de la qualité du calorifugeage. Mais dépasse rarement 70% (voir [paragraphe 5.7 par exemple](#)).

### **INSTALLATION DOUBLE USAGE (CHAUFFAGE + PRODUCTION D'ECS) OU SPECIFIQUE (PRODUCTION D'ECS SEULE)**

Une installation de production d'ECS, qu'elle soit individuelle ou collective, peut toujours se classer dans l'une des deux catégories suivantes :

- Installation double usage (chauffage des locaux + production d'ECS).
- Installation spécifique (ou « simple usage » : production d'ECS seule).

Une **installation double usage** permet d'alléger le prix d'installation, le poste de la production de chaleur étant commun au chauffage des locaux et à la production d'ECS. Ce résultat est généralement obtenu au prix d'un léger accroissement de la puissance de production nécessaire à la couverture des besoins pour le chauffage des locaux.

Les principaux défauts induits par les systèmes double usage sont :

- puissance installée trop supérieure à la puissance appelée en usage courant, principalement pour les installations double usage de type instantané, et dans une moindre mesure pour les installations double usage de type à accumulation.
- En individuel instantané élévation excessive de la température de l'ECS pendant les périodes de chauffage des locaux sans puisage (eau brûlante en début de soutirage).
- Nécessité de conserver le système de production de chaleur en service en dehors de la période de chauffe pour subvenir aux besoins de la production d'ECS. L'installation de production de chaleur fonctionne alors avec un rendement qui peut être très dégradé. Le palliatif couramment rencontré pour lutter contre ce phénomène est, pour les installations collectives à plusieurs chaudières, le choix de la puissance de l'une d'entre elles à hauteur des besoins de la production d'ECS. Cette chaudière reste seule en service en été. De plus, le choix de chaudières à faibles pertes à l'arrêt, le calorifugeage des canalisations ; l'utilisation de la condensation ou du sous-refroidissement sur l'eau de ville, permettent d'améliorer sensiblement le rendement en été.
- On peut aussi mettre en œuvre une deuxième source d'énergie, généralement l'électricité, venant se substituer au système principal de production de chaleur lorsque le chauffage des locaux est arrêté.
- Cette technique mise en œuvre avec une installation de production d'ECS à accumulation permet d'exploiter le tarification EDF en heures d' « été » Sa rentabilité prévisionnelle est à calculer soigneusement, cas par cas. On passe alors, de fait, en simple usage.

Une **installation spécifique** de production d'ECS permet de séparer totalement deux fonctions (chauffage des locaux et production d'ECS) dont les régimes de fonctionnement ne présentent aucune analogie.

Ceci permet de concevoir et de dimensionner au mieux chacune des deux installations sans les compromis liés aux besoins de l'autre installation.

En immeubles collectifs, on peut associer un chauffage collectif à une production d'ECS individuelle.

Dissocier chauffage des locaux et production d'ECS, c'est aussi rendre possible l'affectation à ces deux usages de deux énergies différentes.

En définitive, seul un bilan complet permet de choisir entre les deux systèmes.

## **DESCRIPTION TECHNIQUE DES SYSTEMES**

Afin de clarifier la présentation des différents systèmes de production d'ECS rencontrés aujourd'hui, nous avons séparé ceux-ci suivant leur type : individuel ou collectif.

Les différents systèmes analysés ci-dessous font chacun l'objet d'une description dans les pages qui suivent.

**Production d'ECS individuelle :**

- électrique, semi-instantanée.
- Electrique à accumulation
- Chauffe-eau thermodynamique (PAC)
- Au gaz, instantanée
- Au gaz, à accumulation
- Solaire
- Par chaudière individuelle à gaz double usage, instantanée
- A combustible liquide ou solide avec chaudière et production d'ECS intégrée ou séparé. Ce type d'installation se rencontre essentiellement dans le secteur résidentiel et le petit tertiaire.

**Production d'ECS collective :**

- Instantanée électrique
- Instantanée à combustible
- A semi-accumulation électrique
- Semi-instantanée à combustible
- A accumulation à combustible
- Solaire
- Par PAC avec récupération de chaleur
- A partir de réseaux de chaleur

**SYSTEMES DE PRODUCTION INDIVIDUELLE SIMPLE USAGE****1. production semi-instantanée par l'électricité**

On regroupe sous cette dénomination les chauffe-eau électriques instantanés dont la puissance appelée varie de 10 à 24 kw et le chauffe-eau dit rapide jusqu'à 50 litres de capacité, dotés d'une puissance de 120 à 200 w/l et dont le temps de chauffe n'excède pas 45 minutes.

Le premier type mentionné est pénalisé par la très forte puissance électrique nécessaire et se trouve de ce fait fort peu utilisé.

Le matériel de la deuxième famille mentionnée se présente sous la forme d'un appareil peu encombrant qui s'installe directement à proximité de l'unique point de puisage desservi.

**Production à accumulation par l'électricité**

Cet appareil d'usage extrêmement fréquent se présente sous la forme d'un réservoir avec isolation thermique équipé d'une résistance électrique incorporée pour le chauffage de l'eau et d'un système de régulation par thermostat.

La plupart du temps, les thermostats installés sur les chauffe-eau électriques sont pré réglés (60 à 65°C) et le point de consigne ne peut pas être modifié par l'utilisateur.

Aujourd'hui, tous les chauffe-eau électriques existant sur le marché sont des appareils fermés et conçus pour être installés en ligne sur le réseau de distribution d'eau. Ils en supportent par conséquent la pression. Mais l'interdiction d'expansion de l'eau vers les circuits de distribution amont et le fait que les robinets de puisage aval sont souvent tous fermés durant le temps de chauffage de l'eau nécessitent de plus la mise en œuvre sur le réseau d'alimentation en eau froide, immédiatement à l'amont du chauffe-eau, d'un groupe de sécurité (un sur chaque appareil). Cet accessoire a été décrit au [paragraphe 2.4.2.a](#).

Les chauffe-eau électriques peuvent être de type vertical (meilleure efficacité) ou horizontal (pour résoudre certains problèmes d'encombrement).

Le principe de ces matériels permet d'envisager de les faire fonctionner en continu (alimentation électrique permanente) ou en accumulation en période tarifaire creuse (heures de nuit).

Les pertes thermiques d'un chauffe-eau électrique sont évaluées en fonction de sa constante de refroidissement CR, dont la méthode de mesure est définie dans la norme NF C 73-221. Les valeurs de référence de la constante de refroidissement et de la consommation d'entretien  $C_E$  correspondantes ont été indiquées au chapitre 2 ([paragraphe 2.3.7.b](#)).

La gamme des chauffe-eau électriques à accumulation commence à 50 litres ; leurs densités de puissance électrique sont voisines de 10 à 12 W/l. certaines réalisations regroupent sur un même ballon une résistance électrique, et un serpentin permettant le fonctionnement à partir d'un fluide primaire pendant la saison de chauffe par exemple.

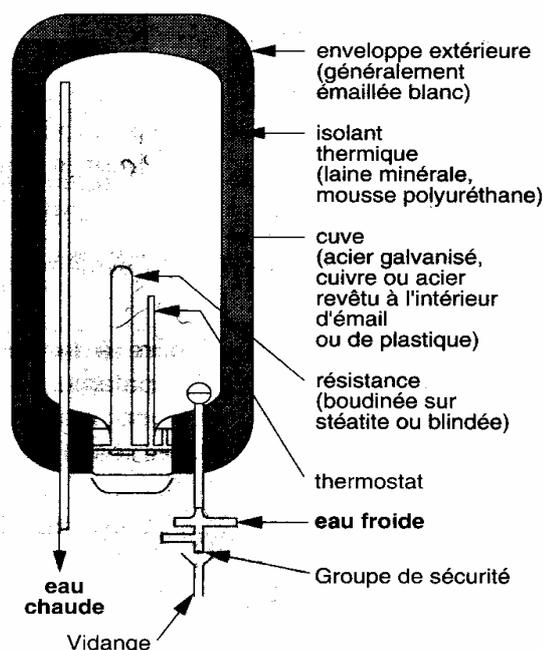


Figure 3.1

### Production par pompe à chaleur (chauffe-eau thermodynamique)

Le chauffe-eau thermodynamique (Cf. *figure 3.2*) est constitué d'une pompe à chaleur air/eau qui prélève l'énergie dans l'air d'un local (sous-sol, cellier), dans l'air extrait du logement, ou dans l'air extérieur et qui restitue cette énergie dans un ballon à accumulation (souvent 300 litres pour un pavillon, c'est-à-dire plus qu'avec les autres énergies, de façon à minimiser le recours à l'énergie d'appoint).

Un montage astucieux consiste à disposer l'aéroréfrigérant de la PAC dans le flux d'air extrait du logement (Cf. *figure 3.2 et 3.3*). Cette disposition garantit une température constante et relativement élevée de la source froide, ce qui permet d'augmenter les valeurs des coefficients de performance.

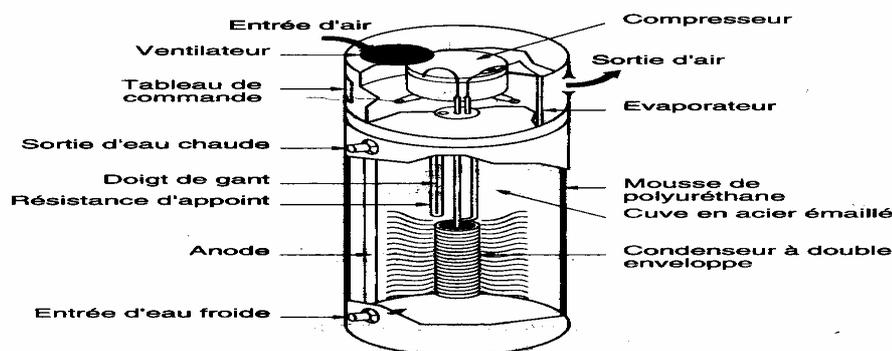


Figure 3.2

Vue éclatée d'un chauffe-eau thermodynamique

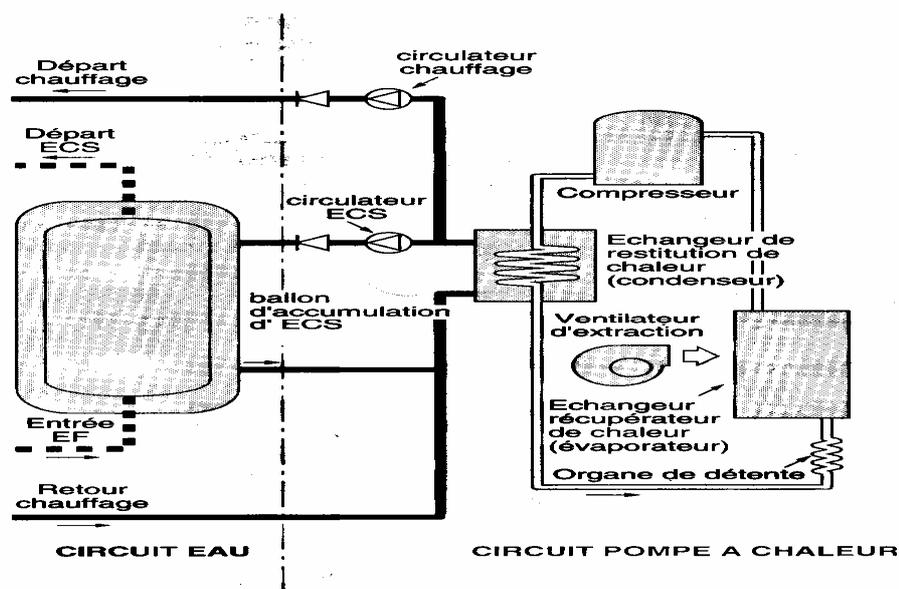


Figure 3.3

Schéma de principe de l'installation  
d'un chauffe-eau thermodynamique double  
usage sur air extrait (exemple)

Les coefficients de performance atteints sont de l'ordre de 2. Toutefois, au moins au stade de l'avant-projet, il est prudent de compter sur un COP de 1.5 pour les calculs de consommation du fait des diverses pertes thermiques, plus importantes que dans le cas des chauffes -eau électriques simples.

La majorité des chauffes -eau thermodynamiques sont équipés d'une résistance d'appoint de 2 000 W environ dont la mise en service intervient lorsque la température ambiante est trop faible ou lorsque l'on désire une montée en température rapide.

Malgré les qualités et la performance intrinsèque des chauffes -eau thermodynamiques, le marché des pompes à chaleur destinées à la production d'ECS est relativement modeste (voir figure 3.4) comparé à celui des pompes destinées au chauffage des locaux. Ce marché, plus jeune, a progressé, même en Europe (voir figure 3.5), mais se tasse depuis 1985. la pompe à chaleur type est un *pope* air-eau qui fonctionne à l'électricité.

Le nombre de pompes intégrées (chauffage des locaux + production d'eau chaude) vendues est faible.

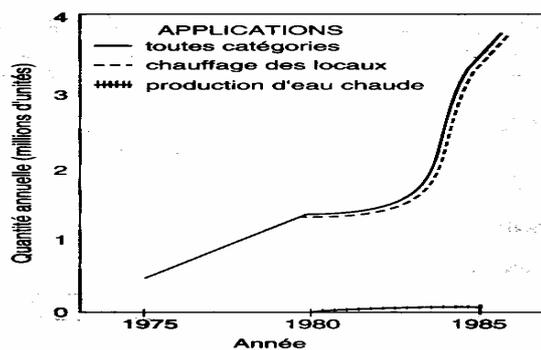
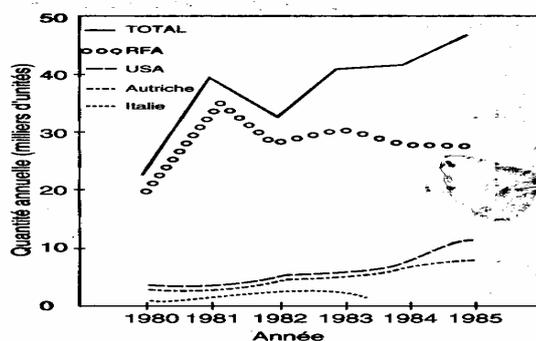


Figure 3.4

Marché mondial des pompes à chaleur de 1975 à 1985



### **Production instantanée par le gaz**

Les appareils à gaz à production instantanée ne fonctionnent que pendant la durée du puisage.

L'intermittence de leur fonctionnement est directement liée à la cadence des besoins en eau chaude.

On peut distinguer trois classes d'appareils de ce type :

- Les appareils non raccordés à un conduit ou à un dispositif d'évacuation des produits de combustion (rares dans les installations neuves).
- Les appareils conçus pour être raccordés à un conduit d'évacuation des produits de combustion .
- Les appareils à circuit de combustion étanche à ventouse.

On utilise souvent une terminologie liée à la puissance des équipements :

- Chauffe-eau, pour les appareils instantanés dont la puissance utile nominale est de l'ordre de 8 kw,
- Chauffe-eau, pour les appareils instantanés dont la puissance utile nominale est comprise entre 17 et 28kw.
- Générateurs d'eau chaude pour les appareils instantané 29 et 70kw.
- Le choix des « chauffe -bains » peut être réalisé en fonction des éléments figurant dans le tableau ci-après.

<b>Puissance [kw]</b>	<b>Débit pour une élévation de température de 25k</b>
17	10l/mn ou 600l/h
23	13l/mn ou 780l/h
28	16l/mn ou 960 l/h

### **Puissance des chauffe -bains en fonction du débit de puisage**

Les appareils instantanés à gaz sont habituellement réservés à la desserte d'un petit nombre de points de puisage (1à 3).

### **Production à accumulation par le gaz**

Les appareils de production à accumulation à gaz sont conçus pour chauffer et maintenir en température un certain volume d'eau pouvant varier de 750 à 200 litres.

L'eau est chauffée avant et durant les puisages

L'eau est stockée dans un réservoir soigneusement calorifugé à une température de consigne, **limitée** d'entartrage et de respecter de façon sûre l'arrêté du juin 1978.

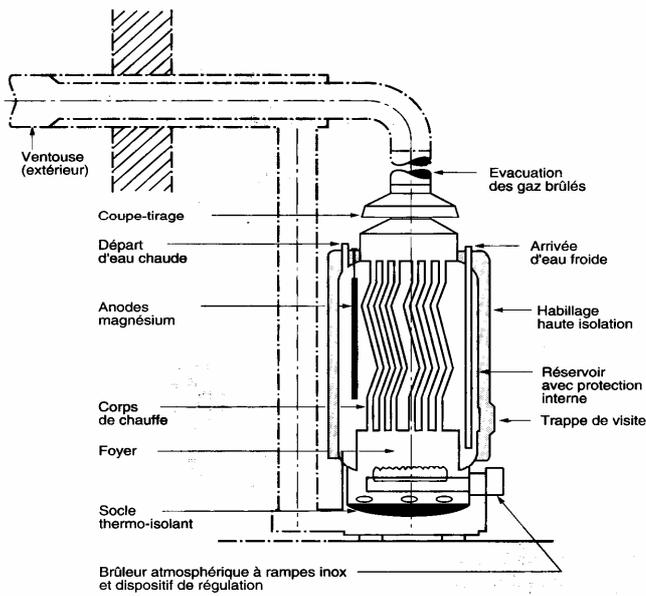


Figure 3.6

Coupe schématique d'un générateur d'eau chaude à gaz à accumulation  
(en traits discontinus : variante à ventouse)

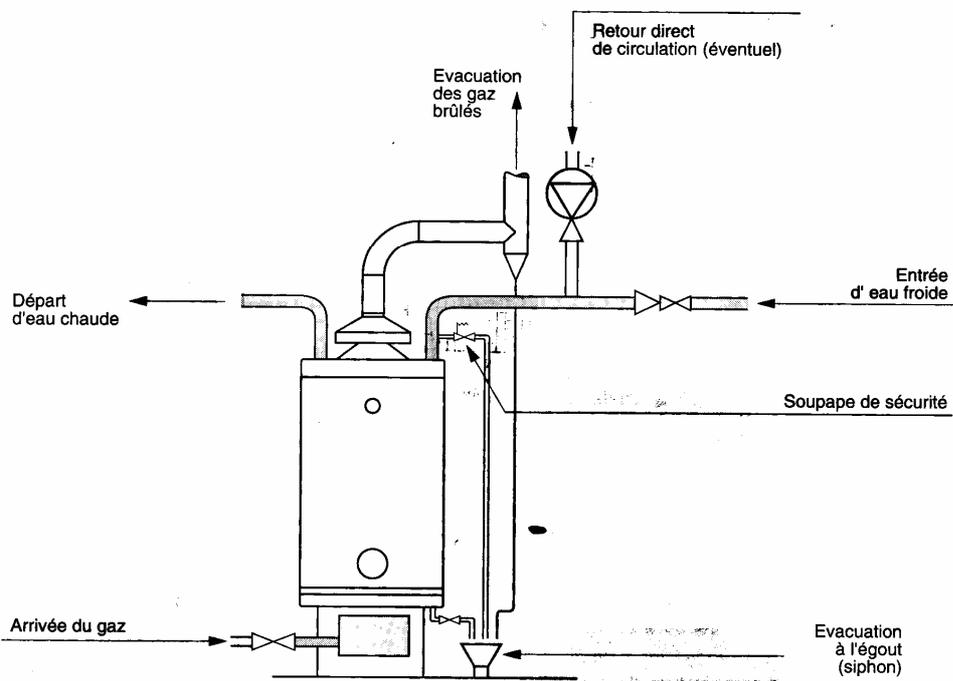


Figure 3.7

Schéma d'installation d'un générateur d'eau chaude à gaz à accumulation

Ce système permet de distribuer de grandes quantités d'ECS en alimentant simultanément plusieurs postes de puisage. La reconstitution de la réserve d'eau chaude est rapide, voir même très rapide (20 mm à 1 h 30) suivant le type d'appareil (accumulation à chauffe normale, rapide ou ultra-rapide) Ces appareils sont disponibles en version à haut rendement ou à condensation.

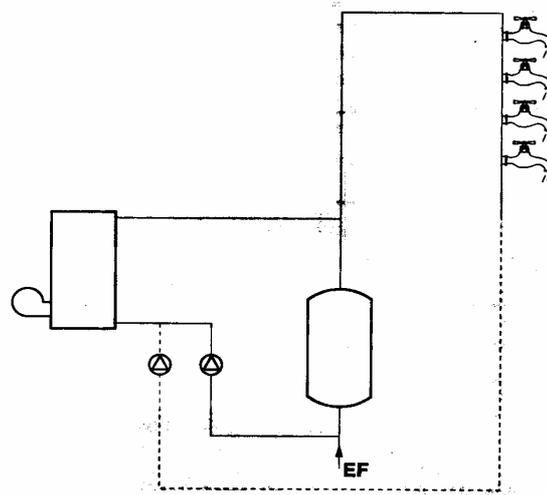


Figure 3.8

Schéma d'installation d'un générateur d'eau chaude  
à gaz à accumulation avec ballon tampon

Un générateur de type est caractérisé par son volume de stockage par sa puissance utile.

Le rapport entre ces deux valeurs détermine le temps de chauffage de la réserve d'eau.

Le calcul des caractéristiques de ces équipements est explicité au [paragraphe 4.3.2.3](#)

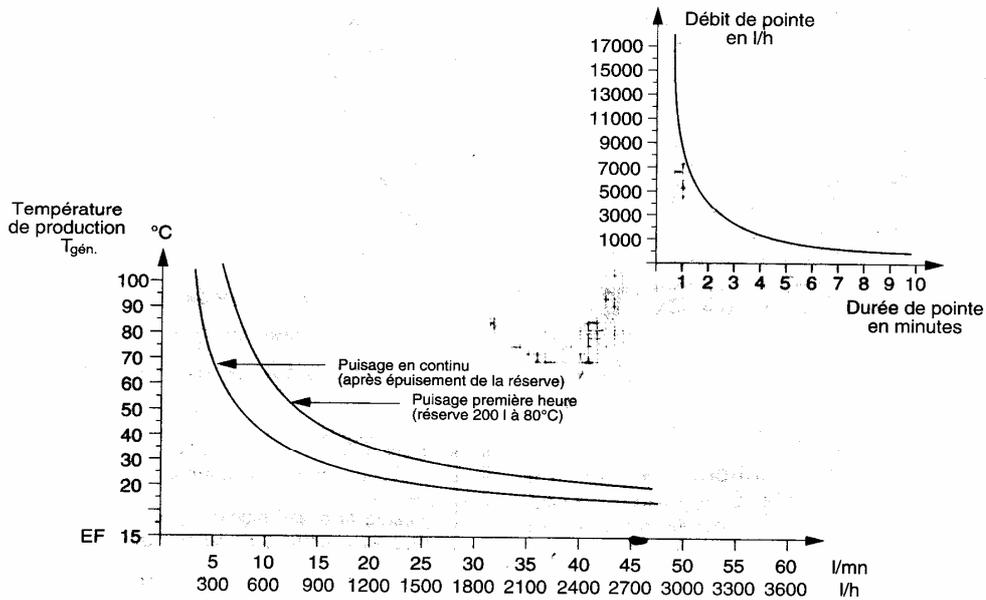
Les fournisseurs de matériel proposent des diagrammes de sélection rapide (voir [figure 3.9](#)) Le premier diagramme (branche d'hyperbole) donne le débit de pointe à retenir pour une durée de pointe donnée –et une quantité globale d'ECS donnée.

Le second diagramme réunit deux courbes.

L'une porte en abscisse le débit de puisage et en ordonnée les températures obtenues durant la première heure de puisage en tenant compte de la réserve d'eau chaude.

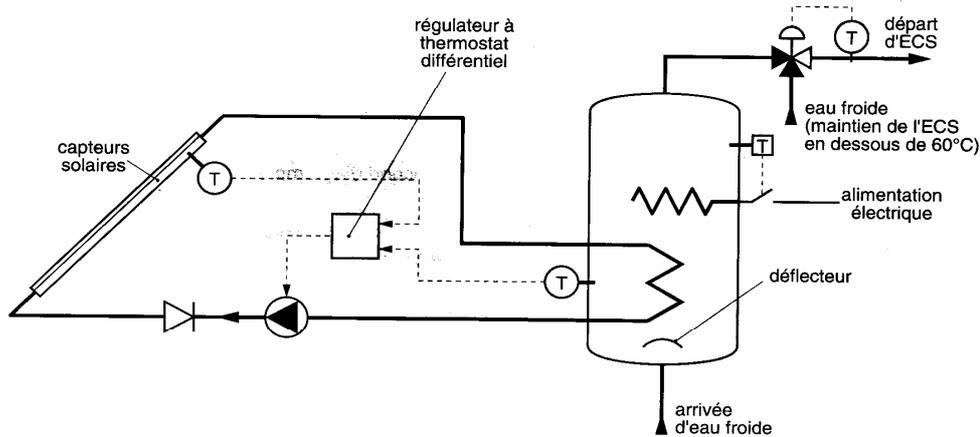
La deuxième courbe représente les températures obtenues en puisage continu après épuisement de la réserve.

Le volume de stockage peut être augmenté par adjonction d'un ballon de stockage tampon relié par une boucle de charge.



**NB :** Dans cet exemple, la température de production dépasse la température de distribution (limitée à 60°C). Pour  $T_{gén.} > 60^{\circ}C$ , le débit de puisage est donc le total du débit lu sur le diagramme et du débit d'eau froide nécessaire pour ramener  $T_{dis}$  à 60°C.

**Figure 3.9**  
Performances d'un générateur d'eau chaude ultrarapide à accumulation  
(Capacité de stockage : 200 litres - Puissance utile : 18 kW)



**Figure 3.10**  
Schéma de principe d'une installation de production d'ECS solaire individuelle

## **Production par énergie solaire**

*L'attrait des systèmes de production d'ECS solaire est grand du fait que l'énergie mise en jeu est gratuite.*

*Cependant, l'impossibilité de compter avec certitude sur une couverture solaire totale des besoins réels en ECS conduit à l'obligation de mettre en œuvre des systèmes bi-énergie. L'énergie d'appoint doit assurer en permanence la couverture de la part des besoins qui n'est pas prise en charge par l'installation solaire.*

*En valeur instantanée, cette part varie de 0 à 100% des besoins réels suivant la nature des équipements et les conditions d'ensoleillement du moment.*

*Comme pour tout système bi-énergie, le coût d'installation est plus élevé que celui des systèmes traditionnels.*

*On s'attache à concevoir des systèmes aussi simples que possible et garantissant la non-dégradation de la performance solaire par l'énergie d'appoint mise en jeu.*

*Les systèmes individuels les plus courants mettent en œuvre :*

- *Soit une surface de captation associée à un ballon situé juste au-dessus du capteur et raccordé en série sur l'alimentation en eau froide de l'installation de production d'ECS traditionnelle (souvent un chauffe-eau électrique). L'installation solaire joue ici un rôle de préchauffage de l'ECS. L'eau du ballon circule directement par thermosiphon dans les serpentins du capteur solaire.*
- *Soit une surface de captation raccordée sur un circuit solaire avec circulateur alimentant une épingle de chauffage située en partie basse d'un ballon afin d'éviter le coût d'un deuxième stockage pour l'appoint, on fait appel à un ballon électrosolaire recevant le serpentin du circuit solaire en partie basse et la résistance électrique d'appoint en partie haute près du départ d'ECS (figure 3.10)*

*La stratification des températures de l'eau à l'intérieur du ballon évite la concomitance de l'usage des énergies solaire et d'appoint.*

*Ce système nécessite une régulation qui arrête la circulation de la boucle de récupération solaire, lorsque les différents niveaux de température ne permettent pas la récupération d'énergie solaire.*

*Pour les installations de production d'ECS solaire, les économies réalisées sur le poste énergie doivent permettre d'amortir le nécessaire surcoût d'investissement ainsi que l'entretien de l'ensemble des constituants supplémentaires mis en service.*

## SYSTEMES DE PRODUCTION INDIVIDUELLE, DOUBLE USAGE

### Production par le gaz

Les appareils double usage ou double service assurent à la fois le chauffage et la production d'ECS, qui est toujours prioritaire par rapport à la fonction chauffage.

Les avantages de ce système sont nombreux :

- Une seule arrivée de gaz
- Une seule arrivée d'eau
- Une seul système d'évacuation des produits de combustion.

Une évolution de ces chaudières est proposée par la mise en œuvre d'un échangeur complémentaire à condensation.

#### a) production instantanée (figures 3.11 et 3.12)

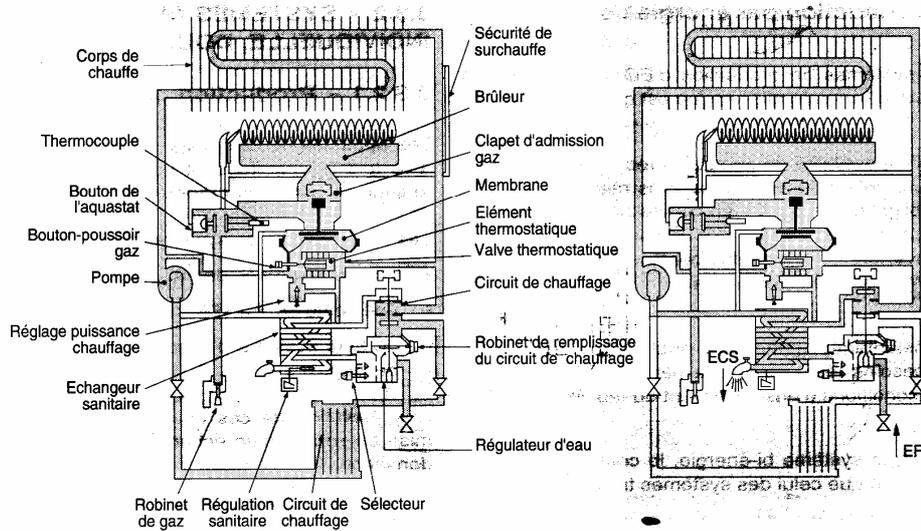
On pourrait reprocher à ce type d'appareil la nécessité de mise en œuvre d'une puissance disproportionnée avec les besoins réels de la fonction chauffage.

En effet, la puissance de la chaudière est presque toujours déterminée pour la couverture des débits de pointe de la production d'ECS : les valeurs obtenues, entre 23 et 28 kW, dépassent largement la puissance nécessaire au chauffage d'un logement (entre 5 et 8 kW). En fait, les chaudières fonctionnent pour **la plupart avec des régimes différents** :

- une puissance chauffage, ajustée (manuellement à l'installation, ou automatiquement) à la valeur maximale nécessaire pour cet usage.
- Une puissance ECS, ajustée à la valeur maximale de l'appareil.

Tous les modèles de chaudières individuelles double usage gaz à production d'ECS instantanée présents sur le marché suivent l'une ou l'autre des deux **conceptions** suivants :

- Soit le chauffage de l'ECS est direct. La chaudière est alors équipée de deux surfaces d'échange entièrement séparées ; l'une est réservée au chauffage et l'autre à la pompe du circuit de chauffage et ouvre le robinet d'arrivée du gaz pour assurer le chauffage prioritaire de l'ECS.
- Soit le chauffage de l'ECS est indirect. Le circuit hydraulique primaire est envoyé soit vers le circuit de chauffage soit vers un échangeur secondaire pour le chauffage de l'ECS, lorsqu'il y a soutirage, ce deuxième principe conduit à des temps de réchauffage plus longs du fait de la présence d'un échangeur intermédiaire supplémentaire.

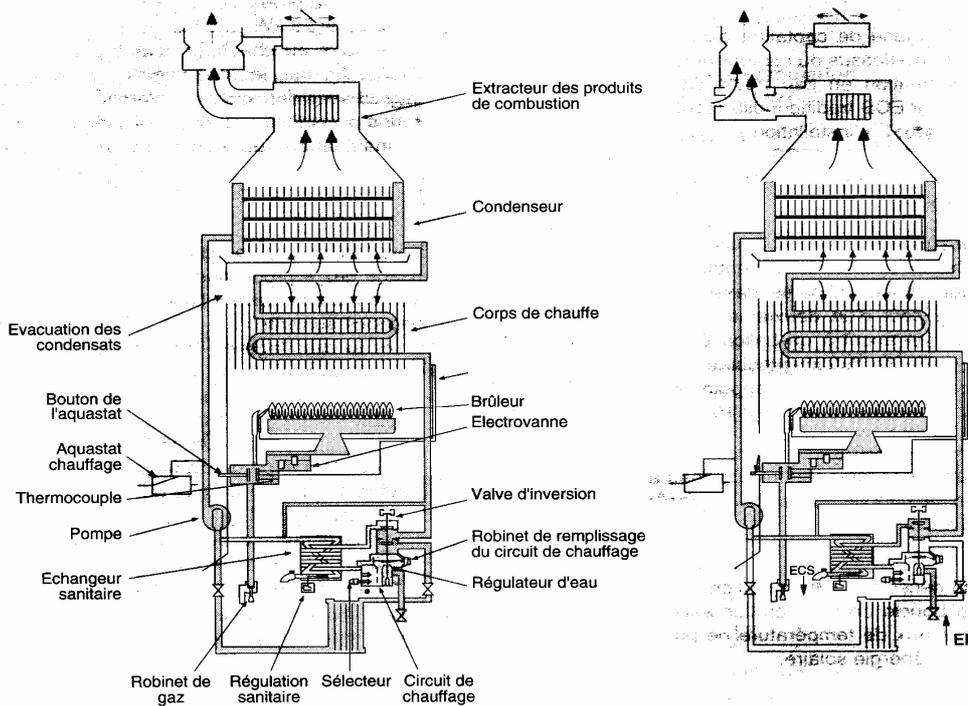


A gauche : mode de fonctionnement chauffage.

A droite : mode de fonctionnement production d'ECS.

Figure 3.11

Chaudière individuelle à gaz double usage à production d'ECS instantanée



A gauche : cycle de fonctionnement chauffage.

A droite : cycle de fonctionnement production d'ECS.

Figure 3.12

Chaudière individuelle gaz double usage à condensation à production d'ECS instantanée

**b) production à accumulation (figure 3.13)**

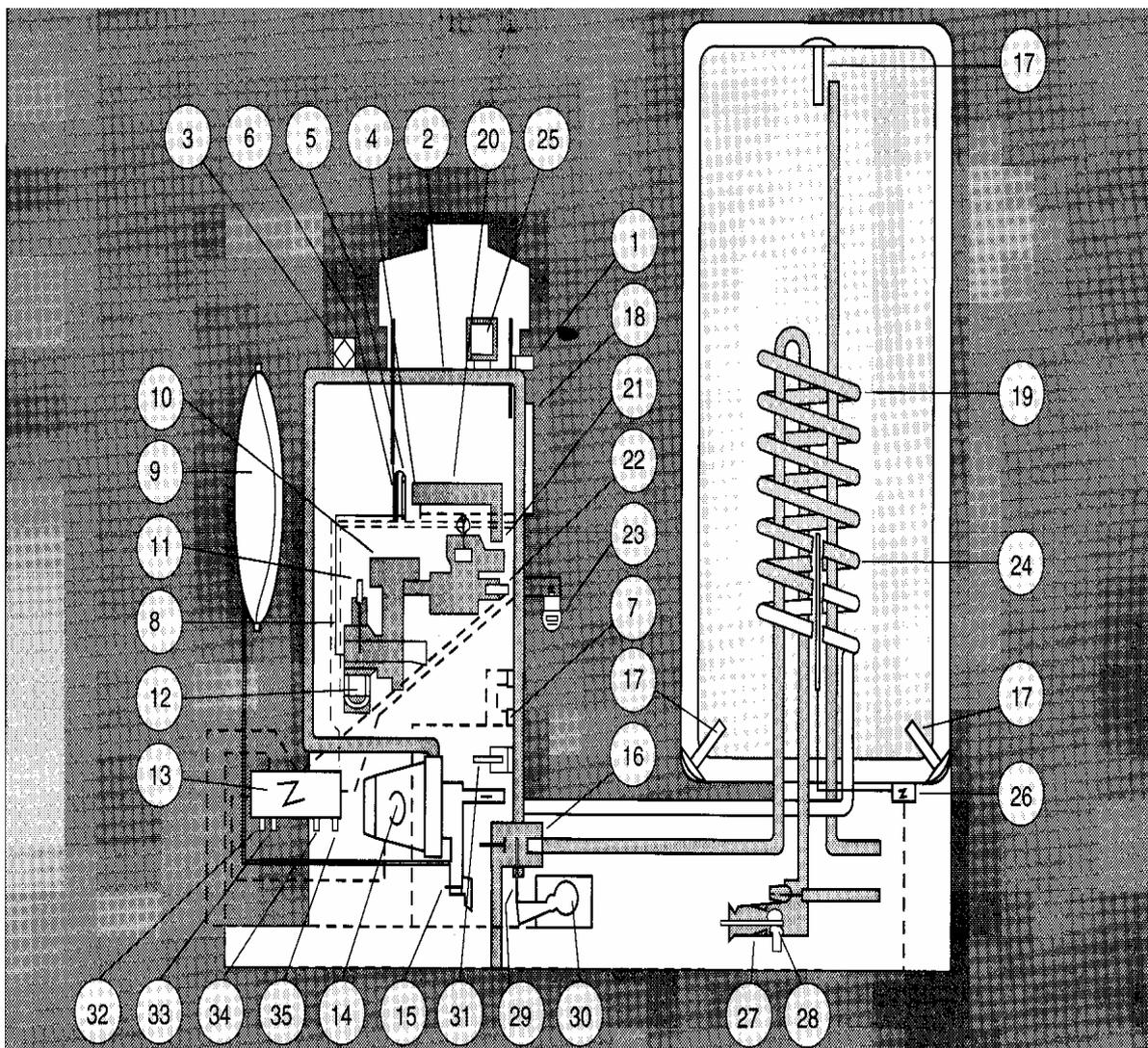
Les systèmes à accumulation associent dans une même enveloppe ou sous la forme d'éléments séparés :

- La chaudière à deux circuits hydrauliques indépendants.
- Le ballon de stockage de la réserve d'eau chaude.

La réserve d'eau chaude permet de réduire de manière notable la puissance utile à mettre en œuvre en chaudière et apporte une souplesse d'utilisation et une stabilité de température accrues.

Pour un débit instantané de 170 à 350l/h, la puissance nécessaire (en double usage) n'est plus que de 7 à 14 kW.

Le ballon peut aussi (sans gain sur la puissance, mais pour faire face à des besoins d'ECS plus importants) être combiné, en première installation ou après coup, à une chaudière double usage à production instantanée standard, ou à un équipement déjà pourvu d'un ballon (système «kit ballon »)



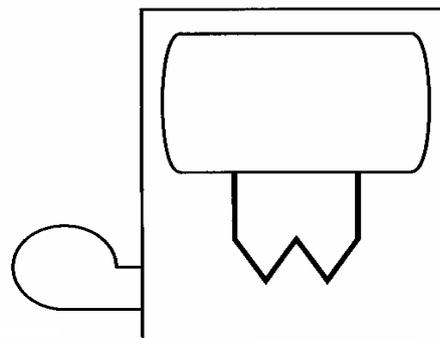
1. thermostat de sécurité manque d'eau chauffage et de température maximum
2. corps de chauffe
3. thermostat limiteur 95 °C
4. thermocouple
5. veilleuse
6. électrode d'allumage
7. thermostats limiteurs réchauffage ballon
8. robinet gaz
9. vase d'expansion
10. valve gaz
11. poussoir du thermocouple
12. tête magnétique du thermocouple
13. tableau électrique
14. pompe de circulation à deux vitesses
15. robinet d'isolement retour chauffage radi
16. robinet d'isolement départ chauffage radi
17. anodes en magnésium
18. sonde du thermostat chauffage
19. serpentin de réchauffage
20. brûleur universel
21. rampe porte-injecteurs
22. électrovanne à deux enroulements
23. thermomanomètre circuit chauffage
24. sonde du thermostat ballon eau sanitaire
25. dégazeur purgeur de chaudière
26. thermostat eau chaude à réglage fixe 65°C
27. robinet de remplissage du ballon
28. soupape de sécurité du ballon
29. vanne trois voies
30. programmeur
31. soupape de sécurité chauffage
32. sélecteur de puissance chauffage
33. commande du thermocouple
34. sélecteur d'utilisation
35. allumeur piézo

### **Production dans un ballon par combustible**

Ce type d'installation comprend une chaudière à combustible assurant le chauffage d'un fluide primaire destiné d'une part au chauffage des locaux et d'autre part au chauffage d'un réservoir d'ECS.

Ce ballon de stockage peut être réchauffé par un serpentin ou par une double enveloppe recevant le fluide primaire. Il peut être indépendant de la chaudière ou directement intégré à celle-ci dans un habillage calorifugé commun.

Lorsque le réservoir est intégré à la chaudière, sa localisation au-dessus du corps de la chaudière (figure 3.14) permet de réaliser un circuit primaire fonctionnant en thermosiphon. La température du stock d'ECS a alors tendance à se stabiliser en période de non soutirage.



**Chaudière à combustible avec ballon de production d'ECS intégré situé au-dessus du corps de la chaudière**

**Figure 3.14**

Le montage du ballon en-dessous du corps de la chaudière (figure 3.15) est le plus souvent adopté par les fabricants qui obtiennent par ce principe un meilleur contrôle de la température du stock.

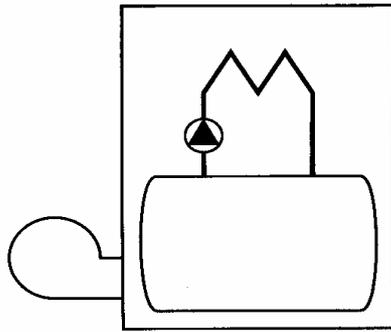


Figure 3.15

**Chaudière à combustible avec ballon  
d'ECS intégré situé au-dessous  
du corps de la chaudière**

En effet, la pompe de charge nécessaire dans ce type de montage permet d'une part d'assurer un fonctionnement prioritaire de la production d'ECS et d'autre part de contrôler la température maximale du stock.

Lorsque le ballon de stockage est séparé de la chaudière, le circuit de charge est équipé d'un circulateur (figure 3.16).

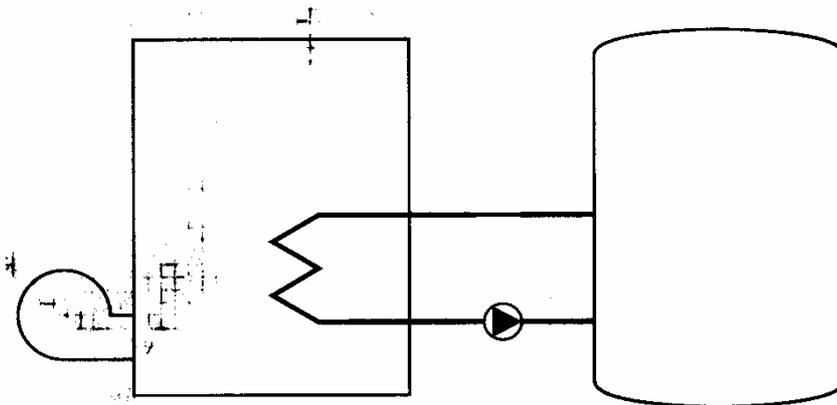


Figure 3.16

**Chaudière à combustible avec ballon séparé**

La régulation de la température du stock d'ECS est réalisée par un thermostat à plongeur qui pilote le fonctionnement de la pompe de charge en tout ou rien.

La localisation externe du ballon par rapport à la chaudière permet de choisir plus librement les volumes de stockage à mettre en œuvre et atteindre des volumes plus importants, jusqu'à 300 litres pour les maisons individuelles importantes.

## SYSTEMES DE PRODUCTION COLLECTIVE

### Production instantanée par l'électricité

Un système de production d'ECS instantanée électrique pour une installation collective est réalisé par l'association d'une chaudière électrique et d'un préparateur d'ECS instantané.

Un préparateur d'ECS instantané est un préparateur d'ECS dont le volume de stockage est inférieur aux besoins maximaux susceptibles d'être appelés en une heure.

La nature de l'énergie (électricité) et le caractère instantané de la production d'ECS limitent l'intérêt de ce type d'installation, si elle doit être autonome.

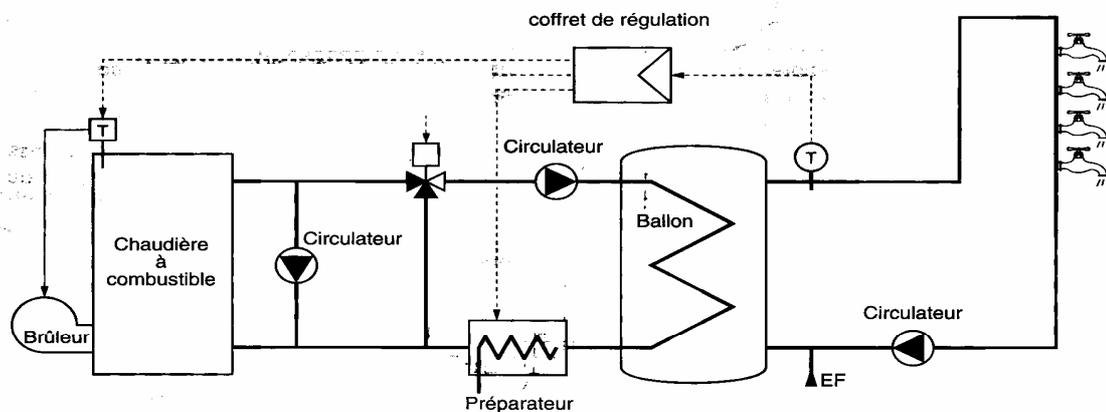


Figure 3.17

Production d'ECS instantanée électrique en relèvement de chaudière - Schéma de principe

Ce principe n'est généralement mis en œuvre que sur une installation existante fonctionnant avec des chaudières à combustible sur le principe de la relève (figure 3.17). l'électricité peut alors être utilisée comme source d'énergie durant les périodes tarifaires favorables à cette énergie par rapport au combustible initial.

La chaudière électrique est placée sur le primaire du préparateur existant. Cette position lui permet d'assurer la production de l'ECS ainsi que le maintien en température de la boucle de distribution.

Une régulation permet, en fonction de la demande, d'enclencher tout ou partie de la puissance électrique pour maintenir la température de la boucle de distribution à la valeur de consigne fixée (60°C par exemple). Pendant les heures à tarification favorable, la chaudière électrique fonctionne seule. La chaudière à combustion est arrêtée. Pendant les heures à tarification défavorable, la chaudière électrique s'efface, la chaudière à combustion prend la relève.

Ce type d'installation permet de substituer l'énergie électrique à un combustible traditionnel lorsque les conditions tarifaires sont avantageuses en minimisant l'investissement.

Toutefois, le principe de la production instantanée peut conduire à installer une puissance électrique importante, avec l'incidence sur le montant de la prime fixe que cela représente.

Il s'avère souvent avantageux d'ajouter un ballon tampon sur la boucle de distribution d'ECS, ce qui a pour effet de reclasser l'installation dans la catégorie des systèmes de production en semi-accumulation (voir plus loin la figure 3.20).

### Production instantanée à combustible

Une installation de production d'ECS instantanée à combustible comprend un échangeur pour la production d'ECS qui assure le chauffage de l'eau chaude simultanément au soutirage (figure 3.18).

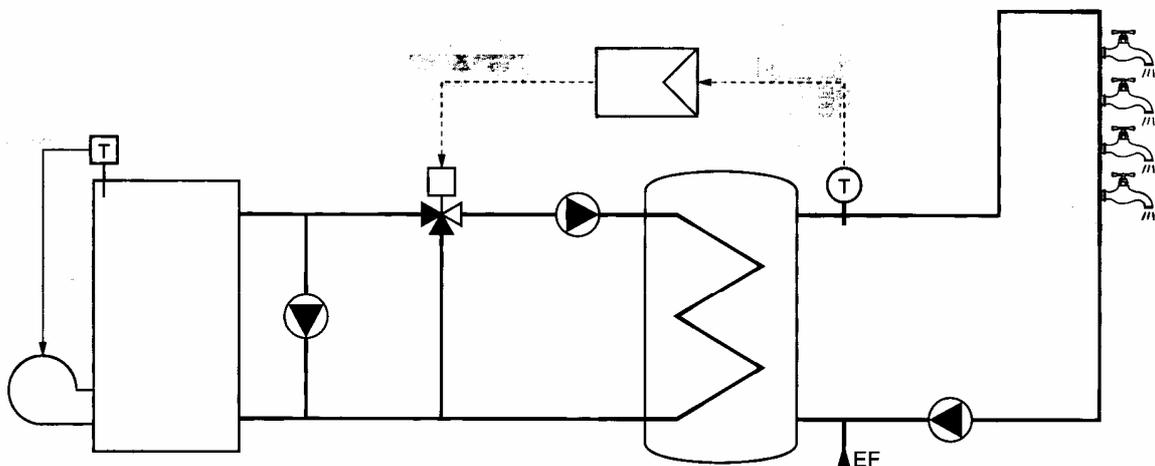


Figure 3.18

Production ECS instantanée à combustible - Schéma de principe

L'échangeur est alimenté au primaire par une boucle de réchauffage en provenance du système de production de chaleur (chaudière à combustible ou réseau de chauffage primaire).

Les avantages d'un tel système sont les suivants :

- Absence de stockage d'ECS, et donc limitation des pertes thermique et des risques de corrosion du réservoir,
- Possibilité de puisage illimité dans la mesure où les charges thermiques induites ne dépassent pas les possibilités du système de production de chaleur,
- Faible coût d'investissement du fait de l'absence du ballon de stockage lié autres types d'installation.

Ce principe de production d'ECS est cependant de moins en moins exploité du fait des inconvénients présentés :

- Température élevée au niveau des surfaces d'échange, conduisant à la création rapide de tartre (inconvenient limité par l'action de la vanne trois voies – voir figure 3.18- qui évite que la température au primaire de l'échangeur soit en permanence à la valeur maximale),
- Débit instantané maximal dépendant directement de la puissance du système de production de chaleur et de l'échangeur,
- Mauvaise exploitation de l'investissement consenti pour la production de chaleur : les puissances importantes nécessaires pour la production de chaleur ne sont utilisées qu'une très faible partie du temps. C'est aussi pourquoi la production instantanée est déconseillée quand la source de chaleur est un réseau.

La localisation de l'échangeur de production instantanée de l'ECS peut indifféremment être extérieure aux chaudières ou directement intégrée dans celles-ci. Lorsque le combustible utilisé par les chaudières est le gaz, le système de production d'ECS instantanée peut être couplé à un échangeur à condensation sur les fumées, utilisé pour le préchauffage de l'eau froide avant son passage sur l'échangeur principal.

La mise en œuvre d'une boucle de récupération sur un petit ballon tampon installé sur l'arrivée d'eau de ville est recommandée afin de garantir une irrigation constante de l'échangeur de récupération.

En été, les besoins pour le chauffage des bâtiments sont nuls. Le circulateur du circuit de chauffage est arrêté.

Dans le cas (figure 3.19) d'une chaudière à gaz à double récupérateurs à condensation (premier récupérateur pour les besoins de chauffage des locaux et second récupérateur pour la production d'ECS), on veille à configurer l'ensemble de production de chaleur de manière à garantir une circulation permanente d'eau dans le premier récupérateur (chauffage en été).

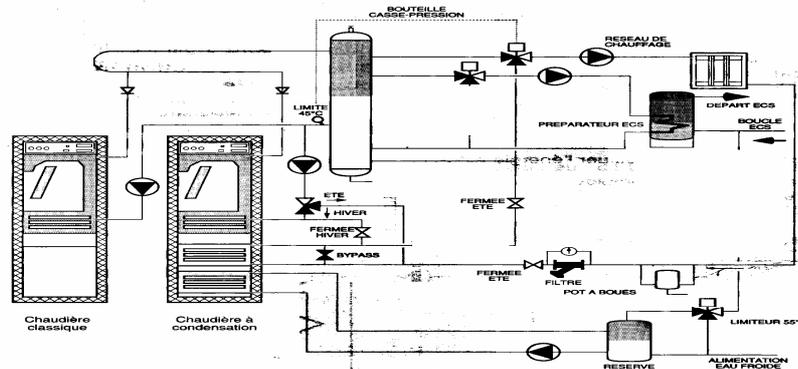


Figure 3.19

D'après la documentation GUILLOT

Production instantanée à gaz avec récupération à condensation  
Schéma de principe, avec dispositions été et hiver

On utilise pour cela la pompe de recyclage de la chaudière à condensation qui, par la manœuvre d'une vanne à trois voies, permet d'irriguer simultanément la chaudière elle-même et le premier récupérateur à condensation. La chaudière, ne fonctionnant que pour la **prépara- peu** sollicitée et la réserve d'eau (sur l'arrivée d'eau de ville) reste à basse température et garantie une bonne efficacité au deuxième récupérateur.

Ce type d'installation permet d'obtenir en été des rendements d'exploitation de chaufferie voisins de 80% sur PCS, soit 90% sur PCI.

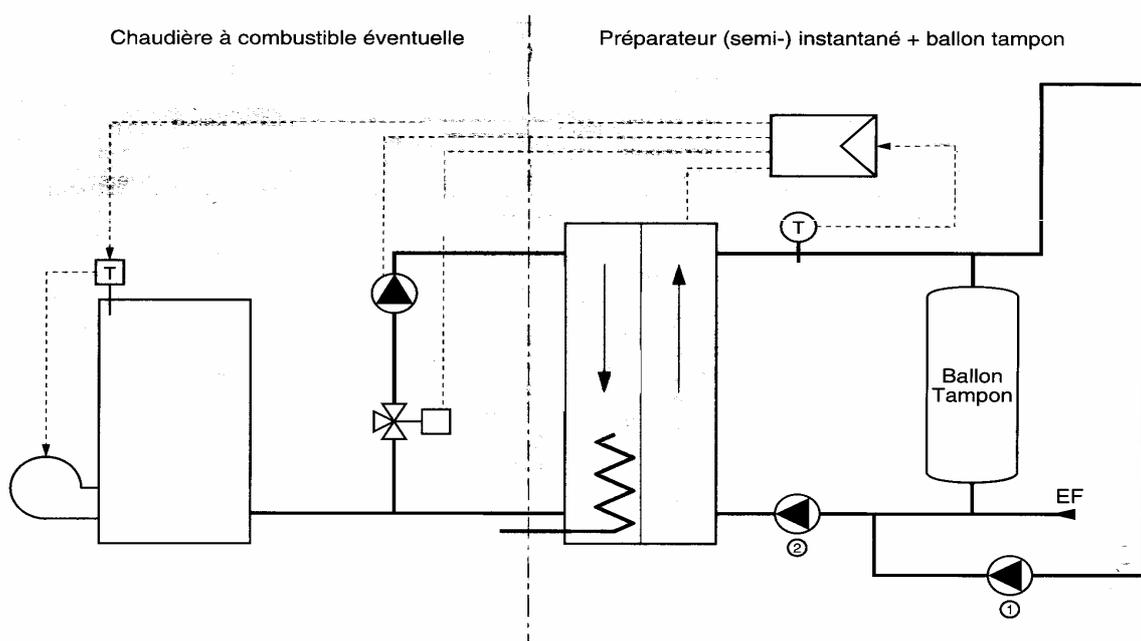
Pour obtenir ces performances, il convient de supprimer toute circulation en thermosiphon dans l'installation de chauffage au moyen de vannes d'isolement manuelles et d'isoler hydrauliquement la chaudière classique, **à l'air rît**.

Ce schéma d'installation correspond à une technique qui, sur le plan énergétique, est la meilleure puisque les récupérateurs sont irrigués par les sources les plus froides, disponibles à tout moment. De plus, cette solution évite la mise en œuvre d'une chaîne de régulation complexe à réglage délicat. En revanche, elle exige des interventions humaines.

### Production semi-instantanée ou en semi-accumulation par l'électricité

Un tel système de production associe une chaudière électrique à un préparateur d'ECS.

Ce montage peut se concevoir seul ou en relève d'une production de chaleur par chaudière à combustible (figures 3.20 et 3.21).



La circulation de l'eau doit perturber le moins possible la stratification, d'où quatre impératifs de montage :

- 1) Piquage supérieur sur le ballon : entrée et sortie d'ECS doivent être situées le plus haut possible sur le ballon, de façon à faire travailler les couches les plus hautes juste sous le dégazage,
- 2) Piquage(s) inférieur(s) sur le ballon : servant à la sortie vers l'échangeur et à l'entrée d'eau froide, il doit (ils doivent) être pénétrant(s) et être équipé(s) d'un déflecteur de façon à faire travailler les couches les plus basses, donc froides, juste au-dessus de la vidange,
- 3) Le piquage de la bouche de recyclage doit être situé entre la pompe (2) et la sortie basse du ballon, de façon à ce que la boucle soit réchauffée en permanence,
- 4) Le débit de la pompe de charge (2) doit être supérieur au débit de la pompe (1).

**Figure 3.20**

**Système de production d'ECS (semi-) instantanée électrique avec ballon-tampon, éventuellement en relève d'une chaudière à combustible**

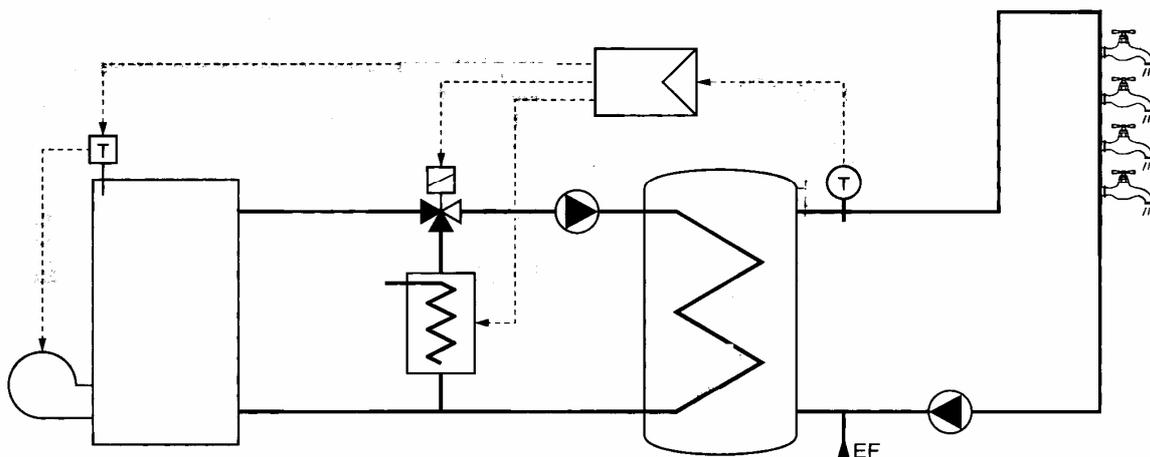


Figure 3.21

Système de production d'ECS semi-instantané électrique en relève d'une chaudière à combustible

Une telle installation peut être mise en œuvre en travaux neufs ou au cours d'une opération d'une installation existante.

On s'efforce dans ce cas de revaloriser les équipements déjà existants. La chaudière électrique est placée sur le circuit primaire du préparateur d'ECS, seule ou en parallèle avec un autre moyen de production de chaleur .

Cette position permet à la chaudière électrique d'assurer la production d'ECS, ainsi que le maintien en température de la boucle de recyclage de la distribution d'ECS.

Une régulation permet, en fonction de la demande, d'enclencher tout ou partie de puissance électrique pour maintenir la température de la boucle de distribution à la valeur de consigne.

Dans le cas d'une installations en relève, la chaudière électrique fonctionne seule pendant les heures à tarification favorable. La chaudière à combustible est alors arrêtée.

Pendant les heures à tarification défavorable, la chaudière électrique s'efface et la chaudière à combustible fonctionne seule.

Ce type d'installation permet d'exploiter les tarifs intéressants de l'électricité à certaines périodes, sans supporter de pénalisation lorsque l'électricité est plus chère qu'un combustible traditionnel et sans nécessiter la souscription de puissances électriques très élevées.

### **Production semi-instantanée par combustible ou à partir du réseau**

Ce type d'installation associe une chaudière à combustible (ou un échangeur de chauffage urbain) qui peut être utilisée simultanément pour le chauffage des locaux, à un préparateur d'ECS de type semi-instantané.

En installation collective, le préparateur d'ECS est toujours séparé de la chaudière (ou de l'échangeur) et alimenté par une boucle primaire en provenance de celle-ci.

Les conceptions des préparateurs sont diverses.

Il peut s'agir de simples réservoirs cylindriques horizontaux ou verticaux équipés de surfaces d'échange constituées de serpentins.

Les réservoirs peuvent être conçus à double enveloppe avec circulation du fluide primaire dans l'enveloppe extérieure.

Certains systèmes font appel à des modules assemblés entre eux par un jeu de collecteurs.

L'offre des fournisseurs **est très systèmes** de production semi-instantanée sont les suivants :

- Faible puissance nécessaire pour la production de chaleur du fait de l'étalement de la charge sur de longues périodes,
- Grande stabilité de la température de distribution d'ECS,
- Bonne tenue dans le cas de pointes importantes de soutirage.

En contrepartie de ces avantages, les préparateurs semi-instantanés sont sujets à des corrosions internes et à des dépôts de tartre sur les surfaces d'échange.

Le coût du matériel est plus important que pour les systèmes instantanés du fait de l'existence des réservoirs de stockage.

## **Production à accumulation par l'électricité**

*Un système de production d'ECS à accumulation électrique est constitué d'un ou de plusieurs appareils de stockage de forte capacité équipés de résistances électriques pour le chauffage et le maintien en température de l'ECS.*

*Ce système de production trouve son intérêt dans la possibilité qu'il offre d'utiliser l'énergie électrique pendant les heures creuses de la tarification.*

*Les appareils de production d' ECS sont montés en série sur le circuit hydraulique.*

*Ils doivent stocker la quantité d'eau chaude nécessaire à la totalité des besoins maximaux journaliers.*

*L'alimentation en électricité des thermoplongeurs doit être rigoureusement pilotée et programmée en fonction des signaux tarifaires EDF afin d'optimiser le coût d'exploitation du système de production d'ECS.*

*L'installation comporte d'amont en aval :*

- *L'arrivée d'eau froide avec ses équipements de contrôle et de sécurité,*
- *Le dispositif de sécurité hydraulique (groupe de sécurité : un par appareil),*
- *Les capacités de stockage, équipées des résistances électriques pour le chauffage de l'eau.*

*Les capacités sont normalement montées en série avec un by-pass permettant d'isoler indépendamment chacune le cas échéant.*

*La boucle de distribution elle-même comporte dans le sens de l'écoulement :*

- *La canalisation de distribution équipée de ses points de puisage,*
- *La canalisation de retour, bouclée en aval des capacités de stockage,*
- *La pompe de circulation,*
- *Le réchauffeur de boucle (dont la puissance est à souscrire en heures pleines).*

*La température de stockage est en général prise égale à la température de distribution, soit inférieure ou égale à 60°C.*

*On peut aussi exploiter la chaleur du stockage pour maintenir en température la boucle de distribution, ce qui revient à réduire la puissance souscrite en heures pleines au prix d'un surcoût des capacités de stockage.*

*Il est possible de réduire le volume du stockage (implantation matérielle difficile à réaliser) en choisissant une température de stock supérieure à 60°C. il est alors nécessaire de prévoir entre le stockage et la distribution d'ECS un mitigeur thermostatique qui règle la température de distribution par mélange de l'eau chaude sortant des préparateurs avec de l'eau froide.*

Les qualités de ce système de production d'ECS sont les suivantes :

- Bonne tenue en face des pointes importantes de soutirage liées au volume de stockage important,
- Grande stabilité de la température de puisage,
- Faiblesse relative de la puissance à mettre en œuvre pour le réchauffage de l'eau.
- bonne adaptation à l'exploitation des heures creuses de la tarification EDF.

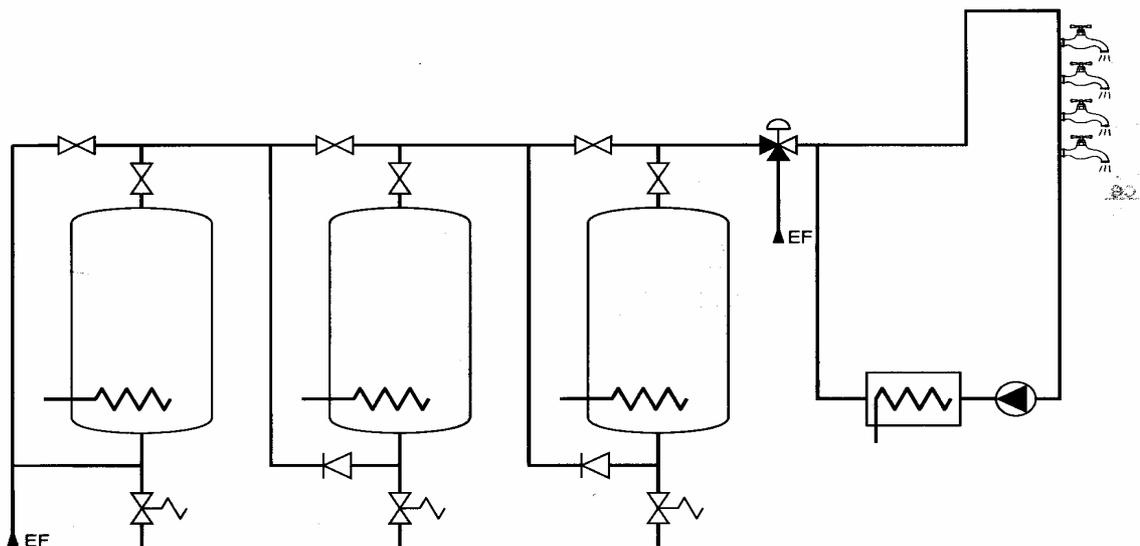


Figure 3.22

Installation de production d'ECS à accumulation électrique

Les inconvénients sont les suivants :

- Coût des capacités de stockage,
- Encombrement de l'installation (difficulté d'implantation),
- Pertes thermiques liées aux déperditions des préparateurs à la température de distribution ou au-dessus.

### Production à accumulation par combustible ou à partir d'un réseau

Un système de production d'ECS à accumulation à combustible reprend le même schéma général que celui décrit au paragraphe précédent; toutefois, l'élément chauffant est ici constitué d'une épingle de réchauffage alimentée par de l'eau chaude en provenance d'une installation de production de chaleur à combustible (fuel, gaz ou charbon) ou en provenance d'une sous-station (réseau de chauffage urbain).

De même, on peut considérer que la figure 3.20 représente ce système, au volume du stockage près.

*Le fait d'utiliser un combustible stockable ou à tarification unique (même tarif la nuit que le jour pour le gaz naturel) pour la production de chaleur efface l'intérêt de limiter le chauffage de l'ECS à la période nocturne et conduit à étendre le temps de fonctionnement des réchauffeurs 24 heures sur 24 en fonction des besoins.*

*L'incidence de ce type de fonctionnement se traduit par la possibilité de réduire le volume du stockage du fait de l'allongement de la période de chauffe journalière. Le critère principal de détermination du volume de stockage devient le passage des pointes de soutirage de la journée la plus chargée de l'année.*

*Une installation de production d'ECS à accumulation non électrique nécessite la plupart du temps une puissance thermique faible par rapport aux besoins de chauffage des locaux en hiver.*

*Il est de ce fait conseillé de prévoir en chaufferie une petite chaudière (ou un échangeur) dont la puissance correspond à celle nécessaire à la production d'ECS et qui sera utilisée seule en été . on évite ainsi de conserver des matériels de production de chaleur **surpuissants le rendement** global de production que cela entraîne, **ou (chauffage urbain ) de faire fonctionner** les vannes régulatrices hors de leurs plages optimales.*

*On rencontre des installations de production d'ECS à accumulation de type bi-énergie. Les ballons de stockages sont alors équipés d'un réchauffeur à eau chaude d'une part et de résistances électriques d'autre part.*

*Ce type d'installation fonctionne à partir de la production de chaleur à combustible pendant toute la durée de la saison de chauffe.*

*Pendant la période d'été, les installations de production de chaleur à combustible peuvent être arrêtées en évitant ainsi de fonctionner avec un rendement dégradé du fait de la faible charge. L'ECS est alors produite à partir de l'électricité au tarif d'été.*

*La taille du stockage d'ECS doit être déterminée en fonction du profil de puisage conduisant au plus grand volume (accumulation 8 heures pour le fonctionnement à l'électricité en été sur tarif heures creuses).*

### **Production par énergie solaire**

*Les réchauffages de l'eau constituent une utilisation rationnelle de l'énergie solaire.*

*En effet, les niveaux de température obtenus à l'aide d'un capteur solaire plan sont compatibles avec les températures recherchées pour l'ECS.*

*D'autre part, le réchauffage de l'eau froide (eau de ville entre **5 et °C** suivant les régions et les saisons) jusqu'à la température d'utilisation ou uniquement en préchauffage permet d'obtenir des rendements d'échange corrects entre le circuit solaire et le circuit d'ECS.*

On tient compte dans la décision de réaliser une installation de production d'ECS solaire de la diversité des flux solaires suivant les régions ( 1600 heures par an à NICE)

Les valeurs habituelles des besoins d'ECS en résidentiel et la performance énergétique des capteurs plans traditionnels conduisent sous nos latitudes à implantation d'une surface de capteurs de 2 m<sup>2</sup> par personne, associée à **stockage de 100 à 150 litres par personneratios naturellement très dépendants des sites** et des installations à desservir : un calcul spécifique est indispensable pour chaque cas.

Le schéma général d'une installation de production d'ECS solaire est le suivant ( **figure 3.23**) ;

Le réseau de captation est constitué d'une boucle alimentant le champ de capteurs et d'un échangeur de chaleur. Cette boucle est mise en circulation par une pompe. Elle constitue le circuit primaire.

Le fluide employé peut être de l'eau additionnée d'un antigel (glycol) ou tout autre fluide thermique.

Le circuit secondaire de l'échangeur est placé sur le circuit d'alimentation en eau froide de l'installation de production d'ECS.

Un bouclage sur un stockage purement solaire est une solution intéressante .

Un système d'appoint en aval du stockage solaire permet de garantir le niveau de la température de distribution quelles que soit les conditions d'ensoleillement Cet appoint peut être centralisé ou réparti au niveau des points d'utilisation.

Un dispositif de régulation contrôle par action sur une vanne à trois voies placée sur le circuit primaire de l'échangeur solaire. La vanne de régulation , qui fonctionne en tout ou rien, by-passe l'échangeur sitôt que l'écart de température du fluide caloporteur à la sortie du champ de capteurs ne permet plus de garantir l'efficacité de la récupération d'énergie.

L'intérêt d'une installation solaire réside dans l'utilisation d'une énergie « gratuite », permettant de réduire le coût annuel la production d'ECS.

« Gratuite » a été placé entre guillemets, car si le coût du kWh SOLAIRE CAPTE NE SE trouve effectivement pas facturé à l'utilisateur , l'amortissement des surcoûts (installation et exploitation) d'une installation solaire par rapport à une installation traditionnelle constitue le coût réel de l'énergie solaire.

Les contraintes liées aux installations de productions d'ECS solaire de type collective sont :

- l'implantation du champ de capteurs, dont la surface devient vite importante et qui doit nécessairement être bien ensoleillée (orientation Sud et absence de masque),
- les servitudes de nettoyage des capteurs,

- l'éloignement entre le champ de capteurs, le stockage solaire et les points d'utilisation , qui créent des pertes thermiques parasites venant dégrader la performance énergétique de l'ensemble,
- l'investissement assez lourd

On admet en général que pour deux systèmes de même coût global, celui qui met en œuvre le moins de technique et le moins de matériel doit être préféré.

En effet, c'est le système le moins compliqué qui présente le coût d'investissement le plus bas (il privilégie le court terme), qui propose la meilleure garantie contre les risques de pannes et qui en somme évite le mieux les aléas techniques et tarifaires.

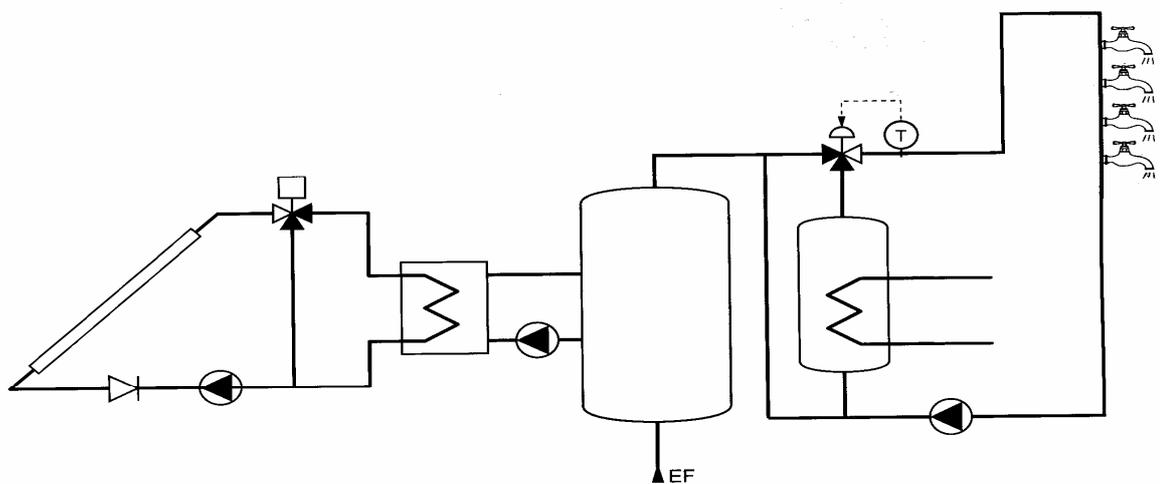


Figure 3.23  
Production d'ECS solaire collective

**Module : PRODUCTION D'EAU  
CHAUDE SANITAIRE**

**GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

## **I. TP 1 : intitulé du TP : Traçage et fixation au mur**

### **I.1. Objectif(s) visé(s) :**

- Tracer l'emplacement du chauffe-eau
- Fixer le chauffe eau au mur

### **I.2. Durée du TP:**

### **I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

#### **a) Equipement :**

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| - Chauffe eau  | Niveau à bulle d'air |
| - Chauffe bain | Double mètre         |
| -              | Tourne vis           |
| -              | Pince                |

#### **b) Matière d'œuvre :**

- Cheviller en plastique  $\Phi$  8
- Crochet pour chauffe eau
- 
- 

### **I.4. Description du TP :**

- Le stagiaire doit :
- Tracer les axes du chauffe eau
  - Percer le mur
  - Fixer les crochets

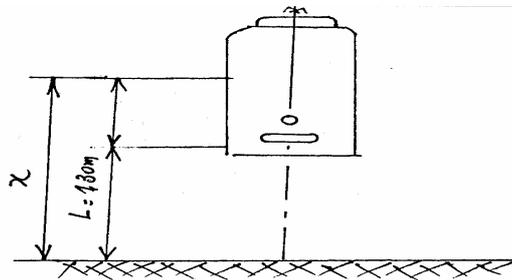
### **i.5. Déroulement du TP**

Ces travaux pratiques doivent être faits par deux ou trois stagiaires

**TP. I**

**Traçage et fixation au mur**

**DUREE : 2,5 H**



N°	PHASES	SCHEMAS	OUTILS	
			Exécution	Contrôle
1	<p><u>TRACER L'AXE PRINCIPAL DU CHAUFF - EAU</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- REPARER L'emplacement du chauffe - eau</li> <li>- TRACER l'axe vertical de l'appareil</li> </ul>			
2	<p><u>FIXER LES CROCHETS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- REPORTER la hauteur de l'appareil sur le mur</li> <li>- TRACER l'écartement entre les crochets</li> <li>- FIXER les crochets de niveau</li> </ul>			

II. TP 2 : intitulé du TP : Pose et fixation d'un chauffe eau à gaz

## **TP. II. Pose et fixation d'un chauffe –eau à gaz**

### **II.1. Objectif(s) visé(s) :**

- Poser un chauffe eau
- Fixer le chauffe eau

### **II.2. Durée du TP:**

2 H 30

### **II.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

#### **a) Equipement :**

- |               |                      |
|---------------|----------------------|
| - Chauffe eau | Niveau à bulle d'air |
| -             | Burin                |
| -             | Truelle              |
| -             | Perceuse             |

#### **b) Matière d'œuvre :**

- Boulon avec écrou
- Crochet
- Cheville en plastique
- 

### **II.4. Description du TP :**

Le stagiaire doit : - Poser le chauffe eau

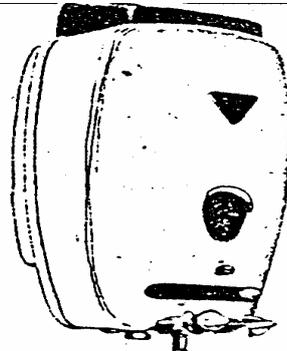
- Raccorder la canalisation d'eau froide et d'eau chaude

### **II.5. Déroulement du TP**

Ces travaux pratiques doivent être faits par deux ou trois stagiaires

TP. II Pose et fixation d un chauffe-eau à gaz

DUREE : 2 H 30



N°	PHASES	SCHEMAS	OUTILS	
			Exécution	Contrôle
1	<p><u>POSER LE CHAUFF – EAU A GAZ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DECAPOTER l'appareil</li> <li>- PLACER l'appareil d'aplomb</li> <li>- SERRER l'appareil dans sa position définitive (fig 2 )</li> </ul>	<p>fig 1</p>	<p>fig 2</p>	
2	<p><u>RACCORDER LA CANALISATION D' EAU FROIDE ET D' EAU CHAUDE AVEC L APPAREIL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FIXER le tuyaux</li> <li>-RACCORDER les tuyaux avec le chauffe eau</li> <li>-RACCORDER les tuyaux de gaz</li> <li>-VERIFIER l'étanchéité de gaz et d'eau</li> <li>- RETOUCHER si c'est nécessaire.</li> </ul>	<p>fig 3</p>	<p>fig 4</p>	

### **III. TP 3 : intitulé du TP : installation et branchement d'un capteur solaire**

#### **III.1. Objectif(s) visé(s) :**

- installer et brancher un capteur
- 

#### **III.2. Durée du TP:**

16 heures

#### **III.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

##### **a) Equipement :**

- Capteur solaire
- Pompe
- Vanne à trois voies
- Vase d'expansion

##### **b) Matière d'œuvre :**

- Tube en plastique
- Raccords en bronze
- 

#### **III.4. Description du TP :**

Le stagiaire doit : - Poser capteur solaire

- Raccorder la canalisation d'eau froide et d'eau chaude

#### **III.5. Déroulement du TP**

Ces travaux pratiques doivent être faits par deux ou trois stagiaires

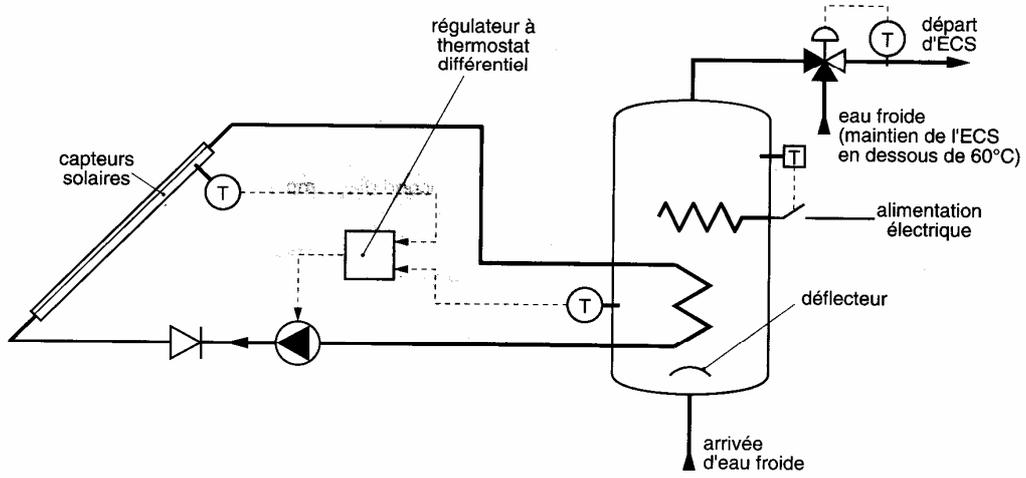


Figure 3.10

Schéma de principe d'une installation de production d'ECS solaire individuelle

## ***Evaluation de fin de module***

- 1°) *Comment obtient-on de l'eau chaude sanitaire et quelle est sa température ?*
- 2°) *Citer les appareils de production individuels et centrales ?*
- 3°) *Quelle est la différence entre appareil de production instantané et un accumulateur ?*
- 4°) *Quel est le rôle d'un échangeur de chaleur ? Comment fonctionne t-il ?*
- 5°) *Pourquoi faut-il installer dans certains cas un circulateur d'eau chaude sanitaire ?*

